

**UNIVERSIDAD DE ALCALÁ**

**Escuela Politécnica Superior**

**GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA  
Y AUTOMÁTICA INDUSTRIAL**

**Trabajo Fin de Grado**

**" Diseño e implementación de un sistema de  
alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja  
potencia "**

**Adrián de Julián Adán  
2017**



**UNIVERSIDAD DE ALCALÁ**

**Escuela Politécnica Superior**

**GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA  
Y AUTOMÁTICA INDUSTRIAL**

**Trabajo Fin de Grado**

**" Diseño e implementación de un sistema de  
alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja  
potencia "**

**Autor : Adrián de Julián Adán  
Director : Jesús Ureña Ureña**

**Tribunal**

Presidente : M<sup>a</sup> Del Carmen Pérez Rubio.

Vocal 1º : Pedro Alfonso Revenga de Toro.

Vocal 2 º : Jesús Ureña Ureña.

FECHA : .....

CALIFICACIÓN : .....

## Agradecimientos

Lo primero agradecer a Jesús Ureña su apoyo incondicional, sin su ayuda este proyecto no hubiera sido posible. Agradecimiento especial a mis padres.

" La esperanza es el sueño del hombre despierto "

*Aristóteles*



# Índice General

I. Resumen.....	1
II. Abstract .....	3
III. Resumen extendido .....	5
IV. Memoria.....	7
1. Descripción del sistema.....	8
1.1 Introducción a los sistemas de alimentación ininterrumpida.....	8
1.2 Descripción de los distintos bloques que componen el sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia.....	10
2. Funcionalidad avanzada de los distintos bloques / componentes que forman el sistema.....	12
2.1 Introducción al capítulo.....	12
2.2 Descripción del bloque I : Fuentes de Energía. Fuentes de entrada de alimentación al sistema. Aprovechamiento de Energía.....	12
2.3 Descripción de los componentes .....	15
2.3.1 CIRCUITO 1 Entrada Fuente de Energía 1 y Rectificador AC / DC 1A 5V.....	17
2.3.2 CIRCUITO 2 Entrada Fuente de Energía 2 USB 2.0 500 mV 5V.....	20
2.3.3 CIRCUITO 3 Entrada Fuente de Energía 3 Célula Fotovoltaica.....	21
2.3.4 CIRCUITO 4 Entrada Fuente de Energía 4 Mini Aerogenerador.....	21
2.3.5 CIRCUITO 5 Multiplexor de Potencia 1.....	23
2.3.6 CIRCUITO 6 Multiplexor de Potencia 2.....	25
2.3.7 CIRCUITO 7 Gestor de Energía MAX 8662 Power Managment.....	25
2.3.8 CIRCUITO 8 Circuito de protección de las puertas lógicas.....	45
2.3.9 CIRCUITO 9 Circuito de alimentación de las puertas lógicas.....	47
2.3.10 CIRCUITO 10, 11, 12, 13, 14, 15.....	48
3. Configuración del sistema.....	51
3.1 Introducción al capítulo.....	51
3.2 Configuración del Multiplexor de Potencia.....	52

3.3 Configuración del gestor de Energía Kit de Evaluación MAX 8662.....	56
4. Cálculo de Potencias.....	68
4.1 Introducción al capítulo.....	68
4.2 Estudio de potencias puestas en juego en el primer bloque analógico.....	68
4.3 Estudio de potencias puestas en juego en el segundo bloque digital.....	72
5. Software Kicad.....	86
5.1 Introducción al capítulo.....	86
5.2 Funcionamiento del software.....	87
5.3 Vistas 3D.....	97
6. Ensamblaje y prueba de funcionamiento.....	99
6.1 Introducción al capítulo.....	99
6.2 Prueba de funcionamiento del bloque de potencia.....	100
6.3 Prueba de funcionamiento del sistema completo.....	103
7. Simulaciones.....	106
8. Conclusión y líneas futuras.....	109
V. Planos.....	111
VI. Pliego de condiciones.....	118
VII. Presupuesto.....	127
VIII. Manual de usuario.....	130
IX. Bibliografía.....	136

## ***Índice Figuras***

Figura 1 : Sistema general de alimentación ininterrumpida.....	9
Figura 2 : Esquema del sistema completo.....	10
Figura 3 : Conexión eléctrica básica del sistema de alimentación ininterrumpida.....	11
Figura 4 : Fenómeno Fotovoltaico.....	13
Figura 5 : Red eléctrica interconectada.....	14
Figura 6 : Tecnología SMD.....	15
Figura 7 ; Esquema del sistema completo ; subbloques.....	16
Figura 8 ; CIRCUITO 1 Entrada Fuente de Energía 1 y rectificador AC / DC 1A 5V.....	17
Figura 9 : Conector hembra red eléctrica.....	17
Figura 10 : Circuito choque eléctrico interno en el dispositivo conector hembra de la Figura 9.....	17
Figura 11. Configuración interna del convertidor y señal de entrada.....	18
Figura 12 . Configuración recomendada por el fabricante .....	19
Figura 13. Señales de entrada y salida del rectificador.....	19
Figura 14: Señal acondicionada por el condensador de salida del rectificador.....	19
Figura 15 :Circuito eléctrico completo del CIRCUITO 1.....	20
Figura 16: Conector hembra Mini USB Tipo .....	20
Figura 17: Conexión del conector hembra Mini Usb Tipo B.....	21
Figura 18 : Célula solar Fotovoltaica con salida USB 2.0 hembra.....	21
Figura 19 : Mini Aerogenerador.....	22
Figura 20 : Esquema eléctrico interno del aerogenerador.....	22
Figura 21 : Configuración modo funcionamiento.....	22
Figura 22 : Características del mini aerogenerador.....	23
Figura 23 : Fórmula multiplexor.....	23
Figura 24 : TSSOP 8 Package.....	24
Figura 25 : Dimensiones del multiplexor de potencia.....	24

Figura 26 ; Circuito Típico de aplicación del dispositivo MAX 8662 Maxim Integrated.....	26
Figura 27 ; Diagrama de bloques y circuito de aplicación MAX 8662 Ev Kit Maxim Integrated.....	27
Figura 28. Diagrama de bloques del selector de potencia inteligente.....	28
Figura 29 ; Voltaje SYS y corriente de carga versus DC y BAT voltajes.....	30
Figura 30 : Límite de corriente de entrada DC.....	30
Figura 31 :Corrientes de carga de la batería.....	31
Figura 32 ; Monitorización de la carga de la batería con la tensión de salida de ISET.....	32
Figura 33 : Temporizador de carga de la batería.....	32
Figura 34 : Temporizador de carga de la batería II.....	32
Figura 35 : Relación termistor NTC.....	33
Figura 36 : Cálculo de la resistencia R2 para establecer la tensión de salida de OUT1 y OUT2.....	35
Figura 37 : Cálculo de la resistencia R4 para establecer la tensión de salida de OUT2.....	35
Figura 38 :Tensión máxima de impulso.....	36
Figura 39 : Resistencia SMD.....	45
Figura 40 : Gráfica diodo zener.....	46
Figura 41 : Diodo zener SMD.....	46
Figura 42 : Diodo semiconductor SMD.....	47
Figura 43 : Encapsulado SOT 23-5.....	49
Figura 44 : Encapsulado SOT 23 -6.....	49
Figura 45 : Encapsulado TSSOP 14.....	50
Figura 46 : Colocación condensador de desacoplo.....	51
Figura 47 : Circuito típico de aplicación del multiplexor de potencia.....	52
Figura 48 : Sentido correcto de la corriente .....	52
Figura 49: Sentido incorrecto de la corriente.....	52
Figura 50 : Esquema eléctrico interno del multiplexor de potencia TPS 2111A de Texas Instruments.....	53
Figura 51 : Corriente máxima de entrada al multiplexor de potencia.....	55
Figura 52 : Fórmula límite de corriente valor típico.....	55
Figura 53 : Límite de tensión en las entradas del multiplexor.....	56

Figura 54 : Conexión eléctrica del sistema.....	56
Figura 55 : Vista real del dispositivo MAX 8662 Evaluation Kit.....	57
Figura 56 : Kit de evaluación MAX 8662 de Maxim Integrated Component Placement.....	58
Figura 57 : Limite de la corriente de entrada.....	61
Figura 58 : Selección de la resistencia RPSET.....	61
Figura 59 : Sistema de control para conocer qué tipo de entrada espera el sistema.....	62
Figura 60 : Conexionado eléctrico del sistema de control para saber qué entrada espera el sistema.....	63
Figura 61: Corriente máxima de carga de la batería.....	65
Figura 62 : Corriente PRE_ QUAL de carga de la batería.....	66
Figura 63 : Corriente TOP_OFF de carga de la batería.....	66
Figura 64: Tiempo pre- qual.....	66
Figura 65 : Tiempo fast charger.....	66
Figura 66 : Tiempo top off.....	66
Figura 67 : Primer bloque de potencia.....	68
Figura 68 : Entrada fuente de energía 1, red eléctrica y rectificador AC / DC.....	69
Figura 69 : Rendimiento del rectificador.....	69
Figura 70 : Rendimiento rectificador 78 %.....	70
Figura 71 : CIRCUITO 5 Multiplexor de Potencia 1.....	70
Figura 72 :CIRCUITO 2 Entrada Fuente de Energía 2 USB 2.0 500 mA 5 V.....	71
Figura 73 : CIRCUITO 7 Nodo Conexión Salida Muliplexores.....	71
Figura 74 : CIRCUITO 3 Entrada Fuente de Energía 3 Célula FV.....	72
Figura 75 : Segundo bloque de selección. Bloque digital.....	72
Figura 76 : CIRCUITO 8 Circuito de Protección de las Puertas lógicas.....	73
Figura 77 : Circuito de protección de las puertas lógicas y circuito de polarización.....	73
Figura 78 ;Cálculo de valor de la resistencia R2.....	74
Figura 79 : Corriente de entrada absorbida por las puertas lógicas a su entrada.....	74
Figura 80 ; Corriente IINi total.....	74
Figura 81: Malla fuente de energía 1.....	74
Figura 82 : Características eléctricas del diodo zener.....	75

Figura 83 : Corriente máxima que puede circular por el diodo zener.....	75
Figura 84 : Fan -Out o factor de carga de salida.....	76
Figura 85 : Potencia disipada en R2.....	76
Figura 86 : Potencia nominal de la resistencia R2.....	76
Figura 87 : Potencia puesta en juego en el diodo zener.....	77
Figura 88 : Potencia nominal del diodo zener.....	77
Figura 89 : Corriente que circula por R4.....	77
Figura 90 : Potencia disipada en R4.....	77
Figura 91 : Niveles de tensión en las puertas lógicas.....	78
Figura 92 : Esquema eléctrico alimentación de las puertas lógicas.....	79
Figura 93 : Corriente de alimentación nominal de las puertas lógicas.....	79
Figura 94 : Corriente total de alimentación de las puertas lógicas.....	79
Figura 95 : Tensión total de caída en el diodo semiconductor.....	80
Figura 96 : Corriente que circula por la resistencia R9.....	80
Figura 97 : Corriente real que circula por el diodo zener.....	80
Figura 98 : Potencia disipada en el diodo semiconductor.....	80
Figura 99 : Potencia disipada en R9.....	81
Figura 100 : Potencia nominal de la resistencia R9.....	81
Figura 101 : Potencia disipada en el diodo zener.....	81
Figura 102 : Potencia nominal del diodo zener.....	81
Figura 103 : Circuito eléctrico de la señal de control D0 del Multiplexor 1.....	82
Figura 104 : CIRCUITO 10 Circuito de Selección 1 D1 Del Multiplexor 1.....	82
Figura 105 : CIRCUITO 12 Circuito de selección 3 D0 del Multiplexor 2.....	83
Figura 106 : Niveles de tensión en el multiplexor de potencia.....	83
Figura 107 : CIRCUITO 13 Circuito de Selección 3 D1 del Multiplexor 2.....	84
Figura 108 : Potencia disipada por cada encapsulado, por cada circuito integrado.....	84
Figura 109 : Margen de ruido a nivel alto.....	85
Figura 110 : Margen de ruido a nivel bajo.....	85
Figura 111 : Abrir Esquemático.....	87

Figura 112 : Creación del esquemático.....	88
Figura 113: Filtrar para búsqueda de componentes.....	88
Figura 114 : Esquemático del proyecto.....	89
Figura 115 : Anotar componentes.....	89
Figura 116 : Generar el Net List.....	90
Figura 117 : Asociar componentes y huellas.....	90
Figura 118 : Selección de librerías y componentes.....	91
Figura 119 ; Huella de un condensador SMD 0603.....	91
Figura 120 ; Añadir librerías al proyecto.....	92
Figura 121 : Huellas de todos los componentes.....	94
Figura 122 : Pcb New.....	95
Figura 123 : Configurar el número de capas.....	95
Figura 124 : Configuración de las reglas de diseño.....	96
Figura 125 : Esquema eléctrico PCB.....	97
Figura 126: Vista 3D de la placa PCB.....	97
Figura 127 ; Vista 3D de la placa PCB II.....	98
Figura 128 ; Placa real PCB.....	98
Figura 129 : Esquema eléctrico del primer bloque. Comprobación de funcionamiento. ....	100
Figura 130 : Potencia nominal de la resistencia de comprobación de valor 100 $\Omega$ .....	100
Figura 131 : Potencia nominal de la resistencia de comprobación de valor 47 $\Omega$ .....	101
Figura 132 : Potencia nominal de la resistencia de comprobación de valor 47 $\Omega$ .....	101
Figura 133 : Potencia nominal de la resistencia de comprobación de valor 5 $\Omega$ .....	101
Figura 134 : Montaje del sistema del primer bloque.....	102
Figura 135 : Comprobación de funcionamiento del primer bloque.....	103
Figura 136 . Comprobación funcionamiento de todo el sistema.....	104
Figura 137 ; Comprobación tensión OUT5 sin batería conectada.....	104
Figura 138 : Comprobación tensión OUT5 con la batería conectada.....	105
Figura 139 : Esquema simulación rectificador.....	106
Figura 140 : Esquema rectificador simulado.....	107

Figura 141 : Tensión de entrada, de salida, y tensión VLS1.....	108
Figura 142 : Corriente de salida.....	108
Figura 143 : Esquemático Ki cad del bloque de potencia.....	112
Figura 144 : PCB Ki cad del bloque de potencia, enrutado.....	113
Figura 145 : PCB Ki cad del bloque de potencia, capa superior Fu Cu.....	113
Figura 146 : PCB Ki cad del bloque de potencia, capa superior componentes Fu Cu.....	114
Figura 147 : PCB Ki cad del bloque de potencia, capa inferior Bu Cu.....	115
Figura 148 : MAX 8662 EV Kit Component Placement.....	115
Figura 149 : Max 8662 PCB LayOut - Top Layer 1.....	116
Figura 150 : Max 8662 PCB LayOut - PGND Layer 2.....	116
Figura 151 : Max 8662 PCB LayOut - SYS Power Layer 3.....	116
Figura 152 : Max 8662 PCB LayOut - AGND Layer 4.....	116
Figura 153 : Max 8662 PCB LayOut - Routing Layer 5.....	116
Figura 154 : Max 8662 PCB LayOut - Bottom Layer 6.....	116
Figura 155 : MAX 8662 EV Kit Schematic.....	117
Figura 156 : Especificaciones técnicas del Aerogenerador.....	119
Figura 157 : Especificaciones técnicas de la célula fotovoltaica.....	120
Figura 158 : Especificaciones técnicas de las puertas lógicas del fabricante Texas Instruments tecnología LVC.....	120
Figura 159 : Especificaciones técnicas del Multiplexor de Potencia del fabricante Texas Instruments TPS 2111A....	122
Figura 160 : Especificaciones técnicas del rectificador AC / DC del fabricante Cui Inc.....	122
Figura 161 : Especificaciones técnicas del dispositivo MAX 8662 de Maxim Integrated.....	124
Figura 162: Especificaciones técnicas de la batería del fabricante Enix Energies.....	124
Figura 163 : Manual de conexionado del primer bloque de potencia.....	130
Figura 164 : Manual básico de conexionado de los dos bloques I.....	131
Figura 165 : Conexión Kit Evaluación MAX 8662.....	133
Figura 166: Manual de conexión completa del sistema.....	134



## *Índice de Tablas*

Tabla 1 : Corriente DC de entrada y selección del límite de corriente del cargador.....	30
Tabla 2 :Diferentes temperaturas por defecto para los distintos termistores.....	34
Tabla 3 : Selección de tensión esperada en la entrada con SL1 y SL2.....	37
Tabla 4 : Características térmicas del MAX 8662.....	39
Tabla 5 : Descripción de pines MAX 8662.....	45
Tabla 6 : Valores de operación del componente diodo zener.....	47
Tabla 7 : Valores máximos de operación diodo semiconductor.....	48
Tabla 8 : Tabla de verdad del multiplexor de potencia.....	53
Tabla 9 : Tabla de funcionamiento de ambos multiplexores de potencia.....	54
Tabla 10 : Configuración de los conectores para habilitar todas las salidas.....	59
Tabla 11 : Valor de tensiones y corrientes por defecto del dispositivo MAX 8662.....	59
Tabla 12 : Muestra la funcionalidad de los conectores SL1 Y SL2.....	60
Tabla 13 : Selección de PEN1 y PEN2.....	61
Tabla 14 : Pines de configuración de la corriente de entrada límite del MAX 8662.....	62
Tabla 15: Prioridades en la selección de las fuentes de energía.....	64
Tabla 16 : Tiempo de carga en función de la fuente de energía activa.....	65
Tabla 17 : Ajustar temporizador de carga.....	67
Tabla 18 : Presupuesto de ejecución por material.....	127
Tabla 19 : Honorarios del empleado ingeniero.....	127
Tabla 20 : Presupuesto por materiales del sistema completo.....	128
Tabla 21 : Presupuesto total TFG.....	128
Tabla 22 : Selección para habilitar las salidas del dispositivo MAX 8662.....	132
Tabla 23 : Selección del voltaje de las salidas desde OUT4 hasta OUT5 con los conectores SL1 y SL2.....	132

## **Parte I**

### **Resumen**

# Resumen

En este trabajo Fin de Grado se ha realizado el diseño y la implementación de un sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia. El proyecto se divide en tres grandes etapas de desarrollo ; la primera etapa consiste en intentar buscar el mejor diseño que encaje en las necesidades de la aplicación, se traducirá el diseño a una primera placa de potencia PCB mediante un software de diseño electrónico llamado Kicad, una segunda etapa será el estudio del gestor de energía MAX 8862 y su integración dentro del sistema completo y en la última etapa se desarrolla el ensamblaje de ambas placas, la de potencia y el gestor de energía, consiguiendo así el sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia.

**Palabras clave:** Componentes Electrónicos, Electrónica de Potencia, Diseño Electrónico, PCB's.

## **Parte II**

### **Abstract**

# Abstract

In End of Degree work deals with the design and implementation of an uninterruptible power supply system for low power devices. The project is divided into three major stages of development; The first stage is to try to find the best design to fit the needs of the device, translate the design to a first PCB power board using an electronic design software called Kicad, a second stage will be the study of the power manager MAX 8862 And its integration in the complete system and in the last stage the assembly of the two plates, the power and the energy manager, is developed, thus obtaining the uninterrupted power supply system for low power devices.

Key words: Electronic Components, Power Electronics, Electronic Design, PCBs.

## **Parte III**

### **Resumen Extendido**

# Resumen Extendido

En este Trabajo Fin de Grado se ha diseñado e implementado un sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia como Smart Phones , PDA's , Tablets, MP3 , calculadoras de bolsillo, GPS, o cualquier otro dispositivo que necesite potencias bajas.

El sistema se constituye por tres distintas etapas de trabajo, la primera etapa está orientada a la elección y a la búsqueda de un sistema de potencia encargado de multiplexar las diferentes fuentes de energía y de conseguir un control automático del sistema, este será el primer bloque del sistema. Dicho primer bloque, se llevará a cabo el diseño del sistema de potencia mediante un software libre de diseño electrónico donde se podrá elegir los distintos componentes. La segunda etapa del sistema será conocer y familiarizarnos con el funcionamiento de un segundo bloque llamado "Gestor de energía, ", es un dispositivo del fabricante Maxim Integrated cuya función principal es la gestión de energía dentro sistema, se encarga de distribuir la energía a diferentes convertidores y así tener diferentes salidas. La última etapa estará formada por el ensamblaje global del sistema y su correspondiente comprobación de funcionamiento, midiendo así tensiones y corrientes.

En la primera etapa del sistema se trata de una búsqueda del mejor bloque de potencia, el diseño más óptimo mediante una elección inteligente de los componentes enfocados a realizar la función prevista por el diseñador. Esta primera etapa tiene los siguientes puntos :

- Elección, desarrollo y explicación de las distintas fuentes de entrada de energía al sistema. ( Harvesting Energy ).
- Búsqueda del mejor diseño del bloque de potencia : Se realizará una búsqueda del mejor diseño, se tratará de describir los distintos bloques, dispositivos y componentes utilizados, adjuntando su funcionalidad y su función correspondiente.

El programa libre de diseño electrónico utilizado es llamado Kicad y es una herramienta gratuita y de software libre donde muchos usuarios de la red pueden dar su opinión y añadir distintos puntos de vista, sugerencias, soluciones e incluso existe un apartado de librerías libres donde poder donar sus aportaciones. Este software , sencillo e intuitivo, es una herramienta que sirve de enlace entre el diseño , el usuario y la placa física real.

- Explicación del Software Kicad, funcionamiento y herramientas de uso.
- Diseño, enrutamiento de todos componentes y vista 3D del sistema completo.
- Cálculo de corrientes, tensiones y potencias de todos los componentes del sistema.

En la segunda etapa se detallará el funcionamiento del segundo bloque del sistema, el gesto de energía del fabricante Maxim Integrated, este bloque tendrá la función de distribuir la energía dentro del sistema.

La tercera y última etapa del proyecto se constituye por el ensamblaje total del sistema, uniendo así ambos bloques, por un lado el bloque de potencia y por otro el bloque de gestión de la energía.

- Ensamblaje y soldadura SMD, tecnología de montaje superficial, de todos los componentes del sistema.
- Comprobación, medición y correcto funcionamiento del sistema.
- Ensamblaje total del sistema.

## **Parte IV**

### **Memoria**



# Capítulo 1

## Descripción del sistema

### 1. 1. Introducción a los sistemas de alimentación ininterrumpida.

En este capítulo se tratará el funcionamiento general del sistema. En primer lugar este proyecto se estableció para conocer, estudiar, diseñar e implementar un sistema de alimentación ininterrumpida con el objeto de instalarlo en cualquier edificio público, servicio, o empresa que lo requiera.

Los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) [ 1 ], o en inglés llamados Uninterruptible Power Supply tienen como objetivo mediante el uso de unas baterías poder suministrar energía de forma continuada a las cargas que lo necesiten cuando surge un apagón eléctrico o corte de suministro de red con cualquier motivo, otro de los objetivos principales de estos sistemas es dar una mejor calidad de red al sistema y eliminar armónicos de la red no que sean de utilidad.

Este tipo de sistemas deriva generalmente de una dependencia fuerte a tener un suministro de energía continuado y la dependencia de proteger equipo con datos, procesos de importancia de cualquier empresa. En este sentido juega un papel crucial la electrónica de potencia y los distintos componentes que la integran, esta disciplina cada vez está más comprometida con el mundo actual y se necesita de ella para poder hacer la vida más sencilla.

El desarrollo de los SAI , permiten un ahorro energético a la misma vez que nos ofrecen un menor impacto ambiental. Este tipo de sistemas como ya se ha comentado anteriormente, sirven de unión directa con sistemas que requieran energía continuada para alimentar a cargas industriales, equipos médicos o sistemas informáticos muy sofisticados que almacenen datos de gran importancia.

La problemática que existe con la calidad de la red eléctrica, la pueden resolver también este tipo de sistemas, problemas como tensiones bruscas inesperadas en la red eléctrica, transiciones bruscas o incrementos excesivos de la tensión denominados sobretensiones causadas o bien por impactos de rayos o por conmutaciones defectuosas de la red , corrientes parásitas, armónicos indeseados, tensión insuficiente, variaciones de frecuencia y ruidos por interferencia electromagnética y de radiofrecuencia.

Estos sistemas se ven caracterizados por tener un conjunto de baterías de gran almacenaje. Si ocurre un apagón eléctrico, estos sistemas inmediatamente lo detectan e inyecten energía a través de sus baterías con el objetivo de seguir el suministro de energía a la carga del sistema . Hoy en día, la alimentación de energía sin interrupciones, es una necesidad cada vez más urgente por la empresas, existen una gran cantidad de dispositivos y cargas que necesitan alimentarse de forma ininterrumpida, son sistemas cruciales en la vida de las empresas, seguridad de datos, seguridad de personas, en las comunicaciones, etc.

En el proyecto se ha tratado la función de sistemas con una operativa similar, pero desde un punto de vista orientado a dispositivos o cargas de baja potencia. Por lo tanto se emplearan tensiones muy bajas, y corrientes máximas de un amperio. Con ello se cubre otra gama de aplicaciones y, al reducir la peligrosidad del sistema, se puede llevar incluso a una aplicación de tipo didáctico.

En consecuencia, el proyecto se enfocará al diseño e implementación de un sistema de selección de entrada de energía y de alimentación ininterrumpida para dispositivos (cargas) de baja potencia, esto es, cualquier dispositivo que requiera consumos reducidos.

Hoy en día, estos dispositivos de baja potencia están en la actualidad y de forma análoga, se utilizan cada vez más. La aplicación de estos sistemas pueden estar dirigidos a smartphones, tablets, sistemas de navegación GPS, microcontroladores, microprocesadores o cualquier otro dispositivo de esta índole. Se estudiará la composición completa del sistema de alimentación ininterrumpida, se dividirá el estudio en tres bloques principales, el primer bloque se llamará ; bloque de fuentes de energía, el segundo bloque se denominará ; bloque de potencia y el último se llamará ; bloque de gestión de la energía o power management .

Estos tres bloques se verán conectados entre sí y se comentará su funcionalidad más adelante durante el desarrollo del proyecto.

El primer bloque del sistema está formado por :

- Fuentes de energía del sistema.

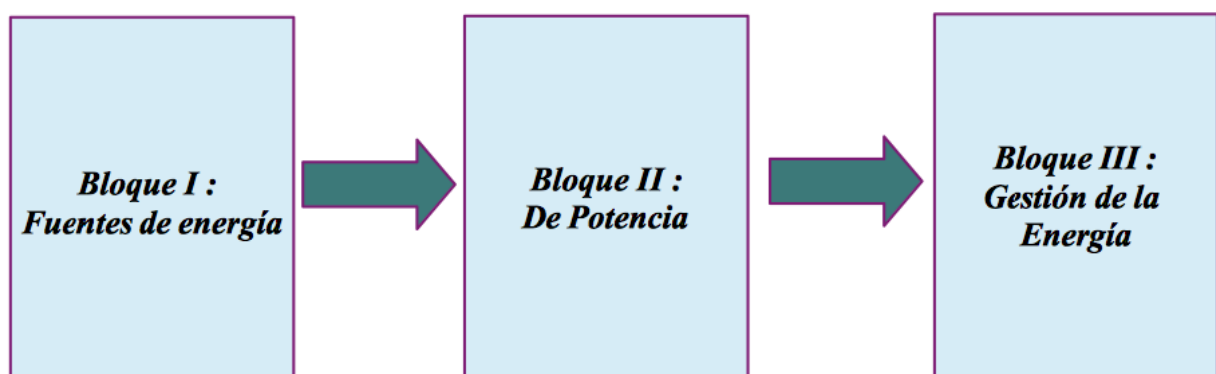
Segundo bloque de Potencia del sistema se constituye por:

- Multiplexores de Potencia.
- Rectificador AC / DC.
- Puertas lógicas digitales para el control de los circuitos de selección.

El tercer bloque se constituye por el sistema de gestión de energía :

- Dispositivo de gestión de energía, Power Management MAX 8662 del fabricante Maxim Integrated.

En la siguiente Figura 1 se detallan los Bloques de una forma gráfica.



**Figura 1 : Sistema general de alimentación ininterrumpida.**

## 1.2 : Descripción de los distintos bloques que componen el sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia.

En este capítulo se tratará de hacer una descripción breve de los distintos bloques que conforman el sistema global, una descripción del funcionamiento básico de cada bloque, con su objetivo y su aplicación en el sistema. Este capítulo pretende estudiar y analizar un conocimiento detallado de los distintos bloques principales del sistema. El sistema tratará de alimentar dispositivos de baja potencia a través de las entradas de fuentes de energía, o bien a través de una batería en el caso de no tener suministro de energía en ninguna de las fuentes. El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- Cuando cualquiera de las fuentes de alimentación de entrada está activa, la batería se va cargando con la corriente que inyecte la fuente seleccionada y además alimenta a la carga/s con la misma fuente de energía.
- En el momento que deja de haber alguna de las fuentes de energía activadas, es la batería la encargada de alimentar la carga/s del sistema mediante el control inteligente del dispositivo de gestión de energía.

A continuación, se muestra una Figura 2 el esquema del sistema completo :

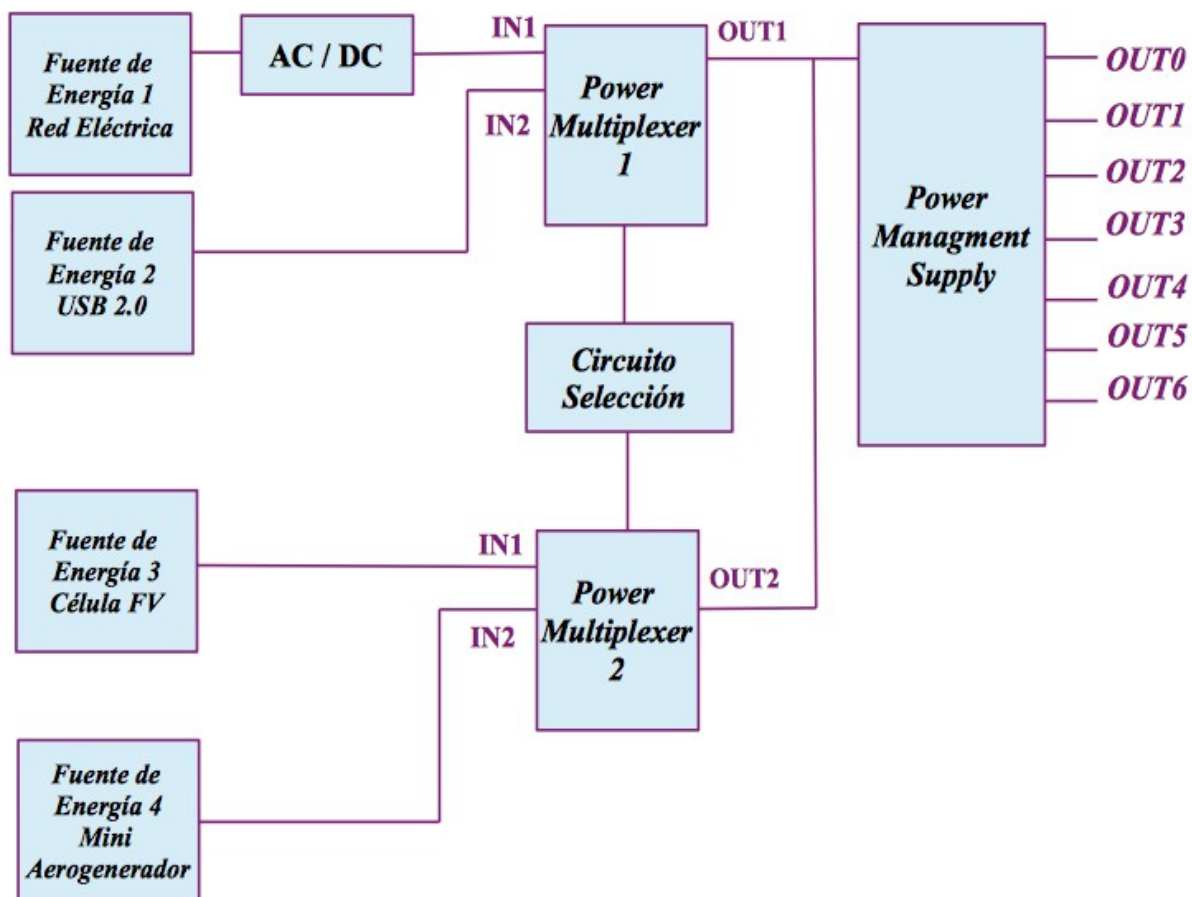


Figura 2 : Esquema del sistema completo.

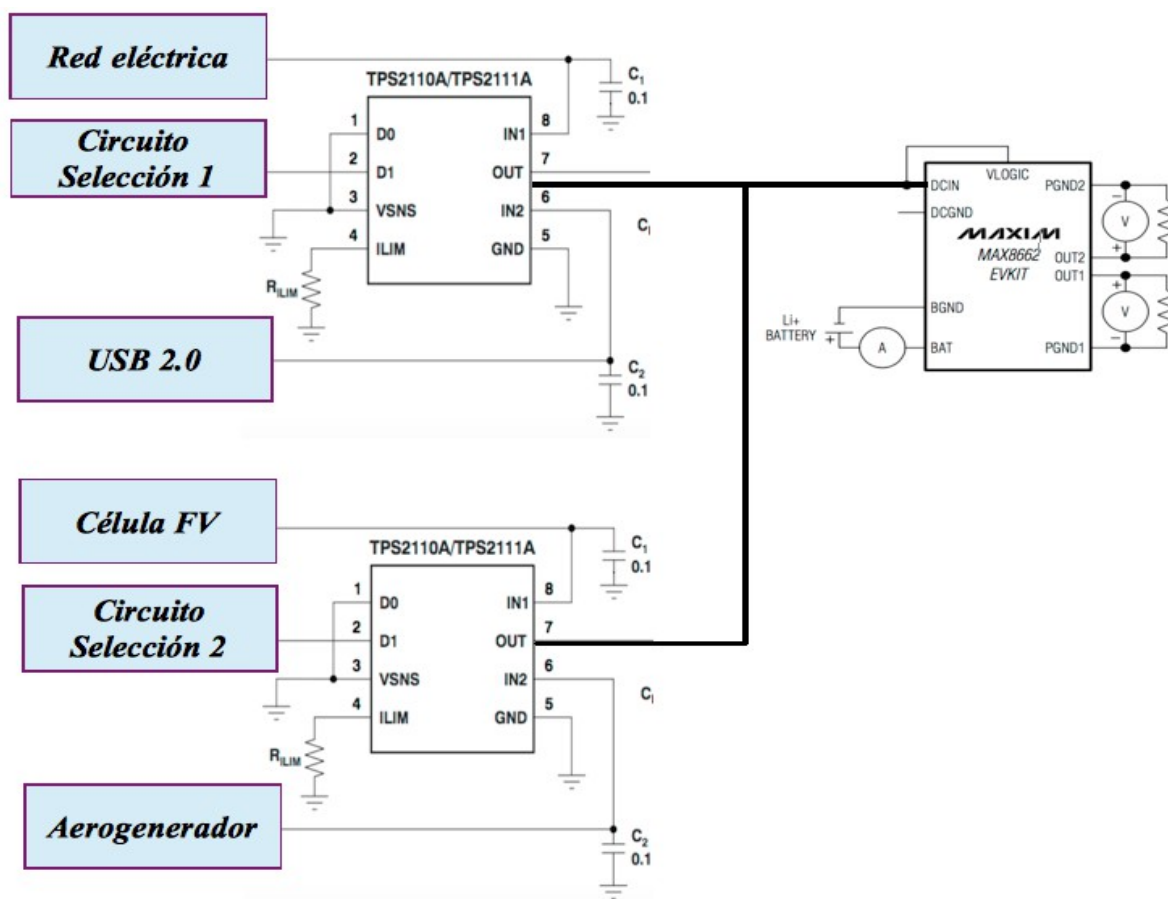
El sistema estará compuesto por cuatro entradas o fuentes de energía, a continuación se detallan las posibles fuentes de energía de entrada del sistema :

- La red eléctrica.
- Puerto USB 2.0 .
- Célula solar fotovoltaica.
- Mini Aerogenerador.

El sistema se constituye también por dos multiplexores de potencia, cada multiplexor tendrá dos entradas y estos serán los encargados de seleccionar qué entrada transfiere energía a la salida mediante sus correspondientes señales de control. Estos multiplexores, poseen un transistor de paso por el que pasa la corriente de la fuente de energía y la transfiere de forma directa a su salida. Las señales de control de los multiplexores se controlarán con un circuito de selección de control construido por unas puertas lógicas, más adelante se hará un estudio detallado.

Las puertas lógicas son dispositivos electrónicos cuya principal función es booleana, son capaces de hacer distintas operaciones en función de las tensiones que se apliquen a sus entradas. Son circuitos de conmutación y están integrados por transistores, estos transistores sirven de conmutadores para la selección. Los transistores que se tratan en este proyecto, son transistores de tecnología CMOS, es decir de bajo consumo, pero además dentro de esta familia, se utilizará la familia lógica LVC de muy bajo consumo. La corriente que absorben dichas puertas en del orden de algunos microamperios.

Para concluir el capítulo se mostrará en la Figura 3 el conexionado eléctrico básico del sistema.



**Figura 3 : Conexión eléctrica básica del sistema de alimentación ininterrumpida.**

El sistema está formado también por un sistema de gestión de energía, este bloque se encarga de manejar la energía; está formado por una fuente de alimentación que convierte una tensión de entrada en varias tensiones de salida útiles para la carga de aplicación.

Estos circuitos de administración de energía son dispositivos eficientes y compactos adecuados para; teléfonos inteligentes, PDA's, dispositivos de internet y otros muchos dispositivos portátiles. Integran dos reguladores síncronos tipo buck, otros cuatro reguladores lineales y un cargador lineal para una batería de Litio Ion monocelular. Como ya se ha mencionado, estos dispositivos tienen internamente integrados varios convertidores de distinto nivel, para poder alimentar a distintos dispositivos. Más adelante se especificarán todas las características concretas de este dispositivo.

## **Capítulo 2**

### **Funcionalidad avanzada de los distintos bloques / componentes que forman el sistema**

#### **2.1. Introducción al capítulo.**

En este capítulo se tratará de explicar cuáles son los bloques que forman el sistema, el sistema está compuesto por una serie de componentes que tienen una funcionalidad y desempeñan un papel específico dentro del sistema.

En esta parte del capítulo se establecerá para qué fueron diseñados los distintos dispositivos y que función desempeñan dentro del sistema global. El capítulo se estructurará en varios puntos donde en cada uno se hablará de un componente concreto.

#### **2.2. Descripción del Bloque I : Fuentes de Energía ; Energy Harvesting [ 2 ].**

La producción de energía eléctrica es el proceso por el cual existe una conversión entre tipos de energía, bien sea mecánica, solar, química, geotérmica, o cualquiera de sus variantes, con el objetivo de conseguir energía eléctrica aprovechable para alimentar cargas industriales, ordenadores con datos informáticos, suministro de hogar, o cualquier otro dispositivo.

A continuación se comentan algunas fuentes de aprovechamiento de energía :

- **Fuente de radiación ambiental :**

Una fuente aprovechable de energía es la que se obtiene a través de las ondas de radio, estos dispositivos como se sabe emiten una radiación eléctrica y electromagnética que si se fuerza a pasar por una bobina de cobre, se genera una corriente eléctrica. Una forma de transformación de energía desde una onda electromagnética a energía eléctrica.

- **Fuente piezoeléctrica :**

Se conoce por efecto fotoeléctrico a la conversión de la energía mecánica , en energía eléctrica. Este tipo de sistemas, por norma general, genera del orden de milivatios, esto es una potencia demasiada baja para poder alimentar sistemas de uso industrial, su mayor campo de aplicación en para dispositivos portátiles de bajo consumo y que se alimentar con corrientes y tensiones muy débiles, de hecho el proyecto en sí, tiene ese objetivo, el aprovechamiento de la energía proveniente de sistemas de generación capaces de suministrar energía a dispositivos de baja potencia.

Un punto a tener en cuenta en estos sistemas es la capacidad que poseen de convertir el movimiento humano en energía eléctrica. Existen empresas dedicadas al estudio de esfuerzos para el aprovechamiento de energía de las piernas, brazos, impactos del zapato, y presión arterial. Se concluye el apartado comentando que estos sistemas se han vuelto muy populares y tiene la capacidad de transformar la energía mecánica en carga eléctrica. Se investiga también elementos piezoeléctricos que están siendo instalados en algunos edificios para aprovechar la energía de las pisadas.

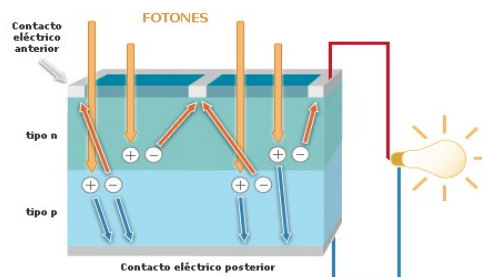
- **Fuente Piroeléctrico:**

El efecto piroeléctrico consiste en la conversión de un cambio de temperatura , un gradiente de temperatura, en la generación de una corriente eléctrica o un voltaje. Este efecto, al igual que el anterior, está pensado para aplicaciones de bajo consumo, de baja potencia, ya que la corriente que generan es de apenas unos miliamperios, además de eso se generan bajas frecuencias de funcionamiento.

Las siguientes fuentes de alimentación son las fuentes utilizadas en el proyecto del sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia. En este apartado se tratará de explicar el funcionamiento, el origen y la aplicación dentro del sistema :

- **Fuente Solar :**

Esta energía se extrae del sol mediante un sistema electrónico capaz de convertir la energía solar en energía eléctrica. El fenómeno que se produce necesita unir dos semiconductores, p y n, cuando incide la luz formada por fotones entran en el diodo semiconductor y en la zona que existe de contacto entre ambos semiconductores, se forma un campo magnético que es absorbido por la capa de metal de la base unión n, y transportada por un cable. También se necesita una capa de metal en el semiconductor p y que sea capaz de absorber los pares formada por rejillas para que entren los fotones. Se muestra una imagen de dicho fenómeno :



**Figura 4 : Fenómeno Fotovoltaico.**

- **Fuente USB :**

Este tipo de fuente utilizada en el proyecto, es un bus serie universal, se trata de un bus estándar industrial muy utilizado. Se utiliza también para comunicar los distintos periféricos en la industria, es un bus serie por el que se pueden enviar datos en serie y poder así comunicar los distintos dispositivos.

En el proyecto, la Fuente 2 está basada en una alimentación USB 2.0 que genera una corriente de 500 miliamperios y una tensión continua de 5 voltios. Esta fuente de alimentación irá conectada a la segunda entrada de energía del multiplexor de potencia. Se sabe que existe una limitación de tensión en la entrada del multiplexor, como máximo se puede conectar una fuente que genere una tensión continua de 5.5 voltios. Esta fuente al tener una corriente de 500 miliamperios, la batería se cargará más lenta.

- **Fuente Red Eléctrica :**

En el proyecto esta fuente constituye la fuente principal de energía al sistema, se trata de la fuente más estable. La red eléctrica nos genera una tensión de 230 voltios en corriente alterna y una frecuencia europea de 50 hercios.

La fuente que nos genera esta energía, se trata de una red interconectada que tiene que tiene como propósito suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores. Esta señal irá conectada a un rectificador que convertirá la corriente alterna , en corriente continua. A la salida del rectificador se obtiene una corriente de un amperio y una tensión de 5 voltios, que atacarán al multiplexor de potencia, para éste poder darle prioridad y cargar la batería mediante el sistema de gestión de energía Power Management.



*Figura 5 : Red eléctrica interconectada.*

- **Fuente Eólica :**

El viento es un fenómeno que se da por las irregularidades de temperatura en la superficie, más concretamente el viento se genera por un calentamiento irregular de la superficie terrestre por parte del sol. Las turbinas eólicas tienen el objetivo transformar la energía cinética en energía eléctrica, mediante un sistema de engranajes , alternador, sistemas de control electrónico y un estructura que soporta el sistema. La transformación de la energía cinética del movimiento de las hélices, se lleva a cabo gracias al alternador, éste produce energía eléctrica a su salida.

En el proyecto , la fuente de energía número cuatro, se trata de un mini aerogenerador que irá conectado a la entrada del segundo multiplexor de potencia. Está pensado para suministrar corrientes bajas y tensiones reducidas, dependiendo de la velocidad de rotación del aerogenerador, la corriente generada será una u otra, a mayor velocidad angular, mayor corriente generada en el sistema. La energía mini eólica es una tecnología no tan desarrollada como los grandes aerogeneradores, ya que el aprovechamiento de energía no es tan grande.



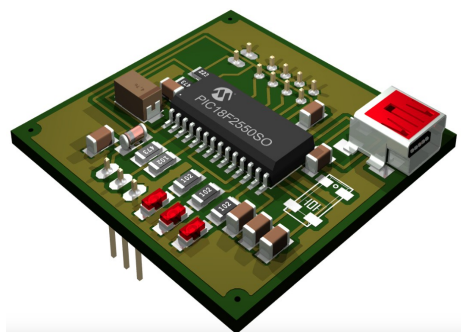
### 2.3. Descripción de los componentes.

En este apartado del capítulo se estudiarán los distintos componentes utilizados en el proyecto, se realizará una descripción detallada de todos y cada uno de los dispositivos, incluyendo aquí la funcionalidad y el objetivo principal dentro del proyecto. Primero se analizará los componentes incluidos en el bloque de potencia y a continuación el bloque de gestión de la energía. Dentro del bloque de potencia existirán dos partes ; la primera compuesta por una etapa analógica de potencia y la segunda será una etapa digital. La etapa de potencia está formada por las fuentes de energía, el rectificador, y los multiplexores de potencia. Mientras que la etapa digital está formada por las puertas lógicas del sistema. En el proyecto se creará una placa PCB [ 3 ] , " *Printed Circuit Board* ", es una superficie que está formada por distintos caminos, distintas pistas o distintos buses de un material conductor que puede transportar energía necesaria para alimentar y hacer funcionar a los distintos dispositivos del sistema. La tecnología que se va a utilizar en el proyecto será SMD. Esta tecnología se trata de una tecnología que monta componentes sobre la superficie de un circuito impreso. Una de las ventajas principales de este tipo de tecnología es que los componentes son más pequeños, las conexiones entre ellas se realiza mediante la fundición de estaño aplicado a las pistas de cobre. Esta tecnología ha reemplazado en gran medida a la tecnología "Through Hole " en aplicaciones de producción en serie. También llamada tecnología de agujeros pasante, atraviesan la placa del circuito para poder montar los componentes. Los dispositivos SMD son de muy bajo consumo, de tamaño reducido y trabajan a temperaturas bajas. Un dato a tener en cuenta es el grado de dificultad a la hora de ensamblar dichos componentes a mano, para un persona iniciada resultaría muy complicado. Es habitual acudir a empresas que se encargan de realizar la soldadura a través de máquinas especiales de control numérico encargadas de ello. Es importante considerar los posibles ruidos o interferencias electromagnéticas que se puede acoplar al sistema. En aplicaciones de radiofrecuencia, donde se trabaja con frecuencias muy elevadas, es importante analizar y estudiar detenidamente el comportamiento del sistema y añadir condensadores de desacoplo que minimicen la importancia del ruido en el sistema. Las placas impresas poseen una serie de pistas donde fluye la energía para comunicar distintos dispositivos y para poder ser alimentados. Estas pistas están hechas de un material, normalmente cobre, la anchura de las pistas dependerá de forma directa de el valor de corriente que circule por ellas. A mayor anchura, mayor será la corriente que puede circular por ellas. En el proyecto se usan pistas de anchura máxima 0.4 milímetros y se corresponde con una corriente máxima de operación de 1.23 amperios.

De modo que para interconectar los distintos componentes, se reservará un espacio llamado " path " o huella para poder hacer la soldadura y que quede fija la conexión eléctrica mediante el estaño fundido. La pasta de soldadura consiste en una mezcla de " flux ", que es un líquido que ayuda a que el estaño fluya de manera correcta, y pequeñas partículas de estaño. Una vez la placa de circuito impreso ha sido fabricada, existen máquinas especiales de control numérico donde un cabezal coloca los componentes de forma automática. Los componentes suelen estar empaquetados en rollos, de forma que un pequeño brazo mecánico coloca cada componente en su lugar correspondiente. Finalmente, se introduce a un horno de soldadura donde los componentes quedan fijados, se produce la fundición de la pasta de soldadura, uniendo así los componentes a los terminales de la placa. Algunas de las ventajas de la tecnología SMD son :

- Tamaño reducido de componentes y circuito impreso. Bajo consumo; se opera con potencias bajas.
- Reducir los agujeros pasantes de la placa. Se permite la colocación de componentes en ambas caras.
- Se reduce el ruido acoplado. Ensamblaje más preciso y mejor ante vibraciones y "stress" mecánico.

Se muestra un ejemplo de tecnología SMD :



**Figura 6 : Tecnología SMD.**



Finalmente en este apartado se estudiarán los componentes que componen el bloque de gestión de la energía, incluyendo aquí el dispositivo de Power Management del fabricante Maxim Integrated ; Kit Evaluation MAX 8662. Para visualizar el análisis que se realizará , primero se muestra un esquema del sistema completo, a partir de este esquema se describirán los distintos componentes implicados :

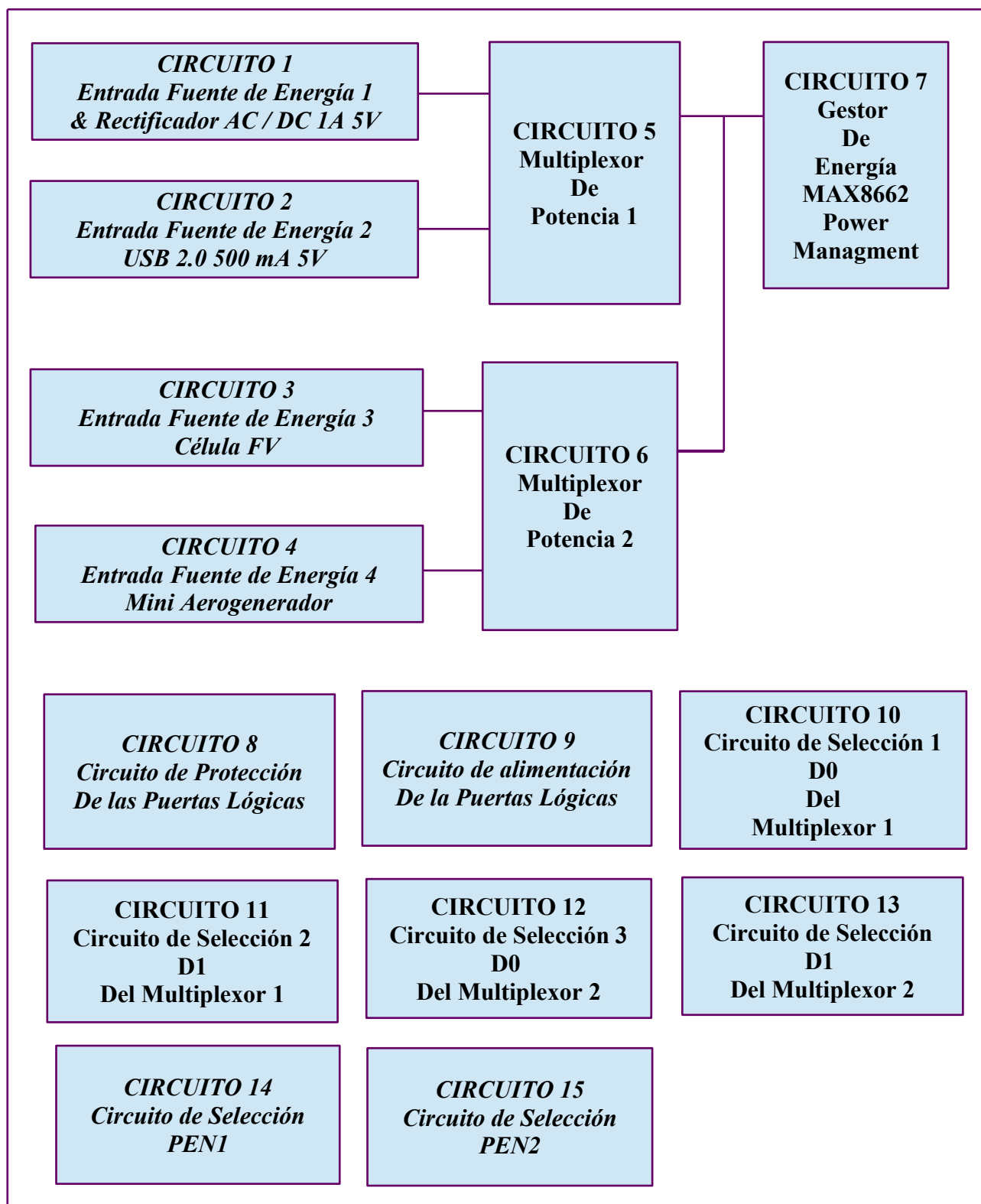
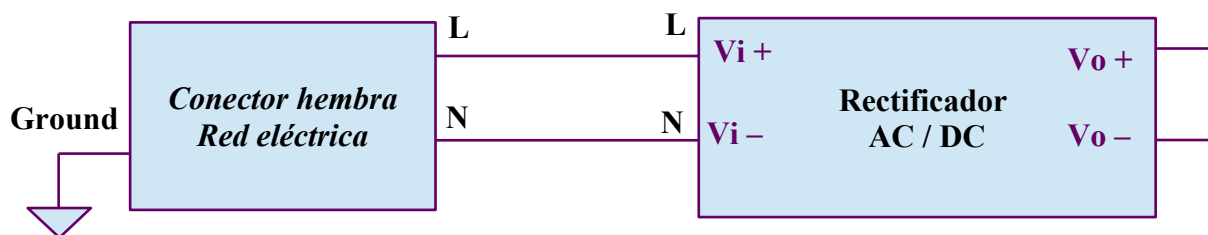


Figura 7 ; Esquema del sistema completo ; subbloques.

### 2.3.1. CIRCUITO 1 Entrada Fuente de Energía 1 y Rectificador AC / DC 1 A 5V.

Seguidamente, se empieza describiendo el primer " CIRCUITO 1 Entrada Fuente de Energía 1 y rectificador AC / DC 1A 5V ". Este circuito está compuesto por :



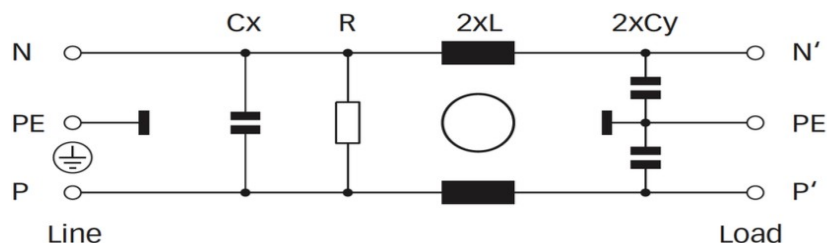
**Figura 8 ; CIRCUITO 1 Entrada Fuente de Energía 1 y rectificador AC / DC 1A 5V.**

De ello resulta que, el conector hembra está compuesto por tres clavijas, la primera se corresponde con la línea, la segunda con el neutro y la tercera con la tierra. La toma de tierra es un conductor que conecta una instalación eléctrica con la tierra. Se debe interconectar la línea del conector hembra con la línea del rectificador  $V_{in+}$ , y el neutro del conector con el neutro del rectificador AC/DC  $V_{i-}$ . En la figura 8 se muestra el conector hembra de red eléctrica [ 4 ]:



**Figura 9 : Conector hembra red eléctrica.**

Este dispositivo tiene una tensión máxima de operación de 250 voltios alterna con una frecuencia que oscila entre 50 / 60 hercios. La corriente nominal de funcionamiento es de 6 amperios. Es un componente Faston conector trough hole. Tiene en el interior un circuito de choque eléctrico, esto es un circuito para impedir introducir armónicos del sistema a la red y viceversa. Está dispuesto justo antes del rectificador, por normativa es necesario incluir este dispositivo ya que no se puede introducir armónicos indeseados a la red ya que puede perder calidad. Se muestra en la siguiente Figura 10 , el circuito de choque eléctrico :

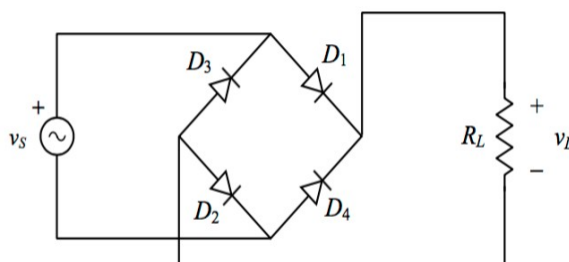


**Figura 10 : Circuito choque eléctrico interno en el dispositivo conector hembra de la Figura 9.**

El convertidor o rectificado [ 5 ], es el elemento que se encargará de convertir la corriente alterna en corriente continua. Esto se lleva a cabo utilizando diodos semiconductores, estos se clasifican dependiendo si están alimentados por una fase de la red eléctrica llamados monofásicos o bien están alimentados por las tres fases llamados trifásicos. Cuando se trata de observar el tipo de rectificación que se puede llevar a cabo, se distinguen , o bien de media onda, cuando sólo se utiliza uno de los semiciclos de la corriente, o bien puede ser de onda completa, donde ambos de los semiciclos, positivo y negativo son aprovechados.

En el proyecto se trata una rectificación de onda completa que tiene el objetivo de convertir la totalidad de la forma de onda de entrada en una polaridad constante positiva en la salida, mediante la inversión de los semiciclos negativos o positivos de la forma de onda de entrada. Los semiciclos positivos o negativos se combinan con las inversas de las negativas o positivas para producir una forma de onda parcialmente positiva.

El objetivo de este tipo de sistemas es rectificar la señal alterna de entrada del convertidor y transformarla en una componente continua, bien puede ser positiva o bien negativa, en el proyecto se tratará de tener una tensión de salida continua positiva de 5 voltios a la salida, con una corriente de un amperio. Este tipo de rectificadores, internamente tienen un puente de diodos rectificador colocados en forma de " H " ( puente en "H"), se emplean cuatro diodos rectificadores con la disposición de la Figura 11.



**Figura 11. Configuración interna del convertidor y señal de entrada.**

Cuando la tensión de entrada  $V_s$  es mayor que cero, los diodos  $D_1$  y  $D_2$  estarán polarizados en directo, es decir estarán conduciendo, por consiguiente los diodos  $D_3$  Y  $D_4$  no conducen. Cuando la tensión de entrada  $V_L$  sea menor que cero, serán los diodos  $D_3$  Y  $D_4$  los que estarán conduciendo y  $D_1$  y  $D_2$  estarán cortados.

De modo que el funcionamiento de este tipo de configuración, tiene unicamente dos posibles estados de conducción, o bien los diodos de la primera diagonal cruzada están en conducción en el semiciclo positivo o por el contrario son los diodos de la diagonal segunda los que se encuentran en conducción directa y conducen en el semiciclo negativo. La tensión rectificada en la salida tiene una componente continua, será positiva y de valor 5 voltios.

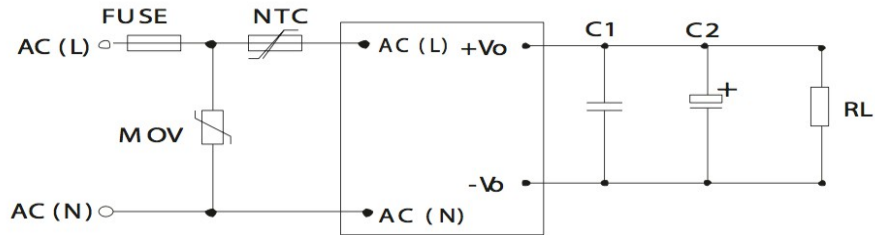
En este caso se puede ver como la corriente circula por la carga, en el mismo sentido, en los dos semiciclos, con esto se puede aprovechar así ambos semiciclos y se obtiene una corriente rectificada uniforme.

En nuestro convertidor utilizado tiene una recomendación por parte del fabricante que se muestra en la Figura 3, y se observa dos condensadores a la salida cuya función principal es la de filtrado de ruidos y señales indeseadas que perturben el buen funcionamiento del sistema, además de, tiene la función de suavizar la señal de salida y almacenar la energía para cuando el suministro de energía a la entrada no esté presente.

El convertidor que se usa en el proyecto, es un convertidor de onda completa con una configuración de puente en "H", de diodos semiconductores. El dispositivo es no controlado, el usuario no puede modificar externamente el nivel de componente continua a la salida, viene prefijado por el fabricante del rectificador.

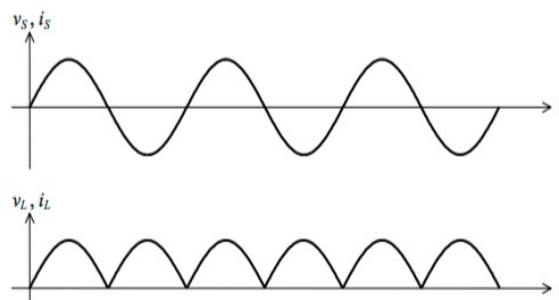
Los condensadores  $C_1$  y  $C_2$  se cargarán durante el tiempo que circula corriente, el resto del tiempo estarán descargando la energía almacenada hacia la carga del sistema. Una función principal del condensador es la de suavizar y atenuar la componente de rizado del sistema, se trata de obtener una señal a la salida lo más cerca posible a una componente continua pura, sin apenas componente de alterna o rizado. Nuestro fabricante recomienda el uso de dos condensadores a la salida , uno  $C_1$  cerámico es usado para filtrar ruidos de alta frecuencia y en condensador  $C_2$  un condensador electrolítico , es recomendado usarlo de frecuencia alta y baja impedancia.

Ambos condensadores se quedan con la parte de alterna de la señal , es decir absorben el rizado , y la parte de continua, que es la que nos interesa, llega de una forma limpia y continua a la carga del sistema.



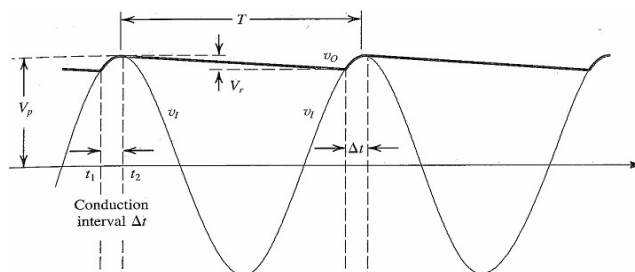
**Figura 12 . Configuración recomendada por el fabricante**

El fabricante además recomienda añadir un fusible de un amperio y capaz de soportar 250 voltios de tensión. Se añade también un termistor NTC de 22 ohmios y una tolerancia del 5 %. La resistencia  $R_L$  de la Figura 12 representa la carga del sistema que dependerá de lo que conecte el usuario a la carga. El fusible es de 250 Vac y un amperio de corriente nominal, en la entrada del rectificador nunca se tendrá más de un amperio, puesto que si se hace el balance de potencias, que se analizará más adelante durante el proyecto, la corriente que pasará por los terminales de entrada del convertidor será de unos cuantos miliamperios, por lo tanto un fusible con margen de operación de sobra. El componente MOV no es necesario incluirlo en el proyecto ya que es un elemento de seguridad eléctrica y se ha incluido ya un termistor para controlar la temperatura y un fusible para controlar el exceso de corriente. En la siguiente Figura 13 se muestra la rectificación de señal entrada con respecto a la salida:



**Figura 13. Señales de entrada y salida del rectificador.**

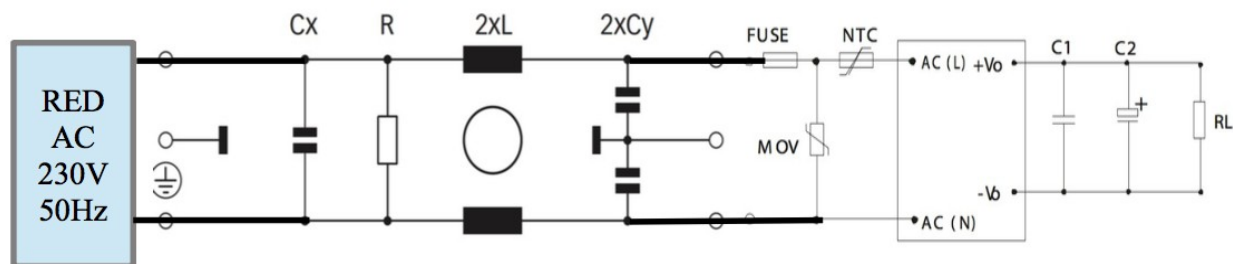
Por consiguiente, la señal de entrada es una señal alterna de frecuencia 50 Hz que marca la red eléctrica española, con un periodo de 20 milisegundos, y una tensión de entrada de 230 voltios. Referente a la frecuencia de la señal de salida será una frecuencia del doble que la corriente de la señal de entrada.



**Figura 14: Señal acondicionada por el condensador de salida del rectificador.**

Por consiguiente, se ha comentado con anterioridad, que la frecuencia de la señal de salida es el doble de la señal de entrada, el rizado tiene que ser el mínimo posible, esto se puede conseguir gracias a la función de los dos condensadores C1 Y C2, ambos dos absorben la parte de alterna que circula por la salida del rectificador. Solo la parte de alterna de la señal de salida del rectificador para por los condensadores, la parte de continua se dirige hacia la salida.

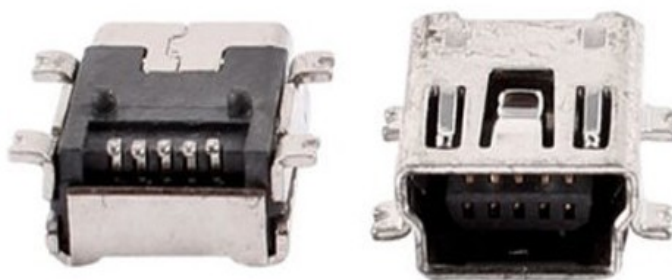
El circuito eléctrico completo del "CIRCUITO 1" estaría compuesta, primero por el conector de hembra de red que impide que armónicos indeseables se inyecten en la red y de la misma forma impedir que armónicos de red entren al sistema de alimentación ininterrumpida, seguido del rectificador AC / DC. En la siguiente Figura 15 se muestra la conexión eléctrica de ambos dispositivos, en la salida de ambos tenemos una corriente de un amperio y una tensión de cinco voltios en corriente continua.



*Figura 15 :Circuito eléctrico completo del CIRCUITO 1.*

### 2.3.2. CIRCUITO 2 Entrada Fuente de Energía 2 USB 2.0 500 mA 5 V.

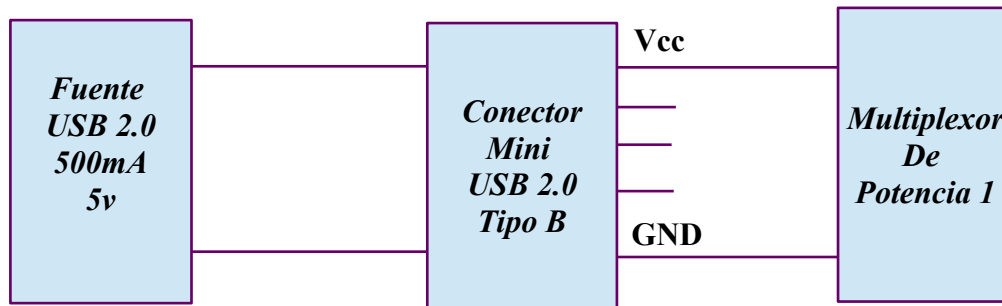
Ahora se realizará el estudio de los componentes que integran el " CIRCUITO 2 Entrada Fuente de Energía 2 USB 2.0 500mA 5 V ". Este circuito está compuesto por un conector hembra Mini USB Tipo B, este terminal tiene 5 patillas de salida, en el proyecto sólo se aprovecharán las patillas de alimentación Vcc y GND, estos dos terminales irán conectados a la entrada del multiplexor de potencia 1. En el terminal Mini USB Tipo B se conectará una fuente de alimentación tipo USB 2.0 de 500 miliamperios de corriente de salida y con una tensión de 5 voltios. En la Figura 15 se muestra el conector hembra Mini USB Tipo B [ 6 ] :



*Figura 16: Conector hembra Mini USB Tipo .*

De ello resulta, este conector tiene cinco terminales, dos de ellos de alimentación Vcc y GND, otros dos terminales de datos y un último terminal que se corresponde con el identificador del dispositivo. En el proyecto se utilizará únicamente los terminales de Vcc y GND, para alimentar el sistema.

La configuración será la siguiente, mostrado en la Figura 17 :



*Figura 17: Conexionado del conector hembra Mini Usb Tipo B.*

### 2.3.3. CIRCUITO 3 Entrada Fuente de Energía 3 Célula Fotovoltaica [ 7 ].

Este circuito está compuesto por el mismo conector que el CIRCUITO 2, un conector hembra Mini USB Tipo B, pero se diferencia con el anterior que la fuente de energía ahora es una célula fotovoltaica que genera una corriente nominal de salida de 800 miliamperios y una tensión de salida de 5 voltios. Por lo tanto la Figura 15 y la Figura 16 también es aplicable para este circuito. Algunas características de la célula fotovoltaica : 4 vatios de potencia, corriente nominal de salida de 800 mA, tensión de salida 5 voltios, alta eficiencia del dispositivo y salida USB.

A continuación se muestra una imagen de la célula solar fotovoltaica :



*Figura 18 : Célula solar Fotovoltaica con salida USB 2.0 hembra.*

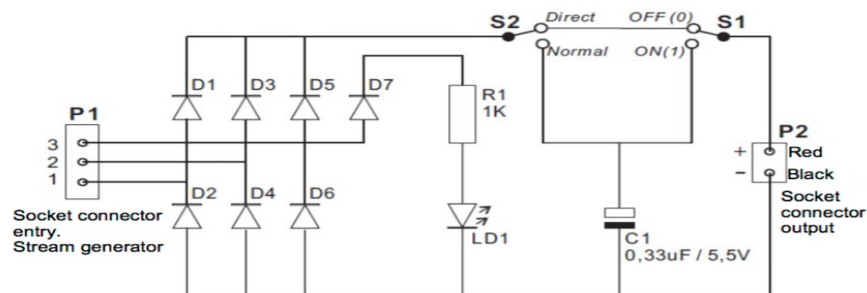
### 2.3.4. CIRCUITO 4 Entrada Fuente de Energía 4 Mini Aerogenerador [ 8 ].

El circuito 4 es exactamente igual que los dos anteriores, incluye el mismo conector hembra mini usb tipo B. La fuente de energía ahora es un mini aerogenerador con una corriente de salida dependiente de la velocidad de sus álabes. La tensión de salida varía en un rango, varía según la velocidad de rotación y según esté cargado el condensador de salida. A continuación se muestra una imagen del Mini Aerogenerador :



**Figura 19 : Mini Aerogenerador.**

En la siguiente Figura 20 se muestra el circuito interno que llevará el aerogenerador del proyecto. El circuito tiene una serie de diodos con configuración en " H ", estos diodos consigues rectificar la tensión alterna producida por el alternador, y convertirla en corriente continua para poder ser utilizada en el sistema de alimentación ininterrumpida como una de las fuentes de energía, se trabaja unicamente con corrientes continuas, ya que todos los dispositivos que se utilizan en el sistema son de corriente continua, tanto los multiplexores de potencia, como el gestor de energía como las puertas lógicas de selección.



**Figura 20 : Esquema eléctrico interno del aerogenerador.**

De modo que se observa un condensador de gran capacidad a la salida del sistema, tiene la función de asegurar una continuidad en el suministro de energía, el condensador se carga y se descarga continuamente. El conector P2 es la salida de la fuente de energía, ésta iría conectada a la entrada del segundo multiplexor de potencia. En la Figura 21, el interruptor S1 y S2 tiene la función de seleccionar el modo de funcionamiento del aerogenerador ;

Función de los conmutadores		S2	
		Normal	Direct
S1	0 OFF	Cuando el generador produce energía eléctrica carga el súper-condensador. La salida está desconectada	El generador está conectado directamente al conector de salida. El Super-condensador no está conectado ni al generador ni a la salida.
	1 ON	Cuando el generador produce energía eléctrica carga el súper-condensador. La salida está conectada al generador y al súper-condensador	El generador no carga al súper-condensador. El Super-condensador está conectado a la salida.

**Figura 21 : Configuración modo funcionamiento.**



En un ensayo realizado con el aerogenerador, se ha observado estos dos modos de funcionamiento. Cuando el interruptor S1 está en OFF (0) y el interruptor S2 está en Directo, el condensador no se carga y la tensión se ve reflejada directamente en la salida del dispositivo, mientras que si se utiliza la configuración S1 en ON (1) y el interruptor S2 en Normal, el condensador se va cargando con una tensión de 5.5 voltios y en el momento que no exista movimiento en las hélices del aerogenerador, el sistema coge energía del condensador previamente cargado. El aerogenerador suministra muy poca corriente al sistema, a continuación se muestra las características principales del mini aerogenerador :

Potencia (@ velocidad del rotor 2000 rpm) :	1W
Tensión de salida (@ velocidad del rotor 2000 rpm) :	10V DC
Corriente de salida (@ velocidad del rotor 2000 rpm) :	100 mA DC
Tensión de salida (@ velocidad del rotor 1000 rpm) :	5V DC
Corriente de salida (@ velocidad del rotor 1000 rpm) :	50 mA DC
Máxima tensión de salida desde el condensador:	6V DC
Puede conmutarse salida directa o a través del condensador	
Tiempo de carga (Condensador 0.33F, viento @ 2,23m/s):	1 minuto
El Music Box puede sonar:	30 minutos
La lámpara LED puede iluminar:	5 minutos
Start-Up (velocidad del viento que inicia el giro del rotor):	1,6 m/s (5,6 km/h)
Cut-In (min. velocidad del viento que genera electricidad):	2,2 m/s (8 km/h)
Longitud del cuerpo del aerogenerador (rotor, góndola y veleta):	200 mm
Radio del barrido de la pala:	155 mm
Homologaciones:	CE
Peso bruto total:	0,6 kg

**Figura 22 : Características del mini aerogenerador.**

### 2.3.5. CIRCUITO 5 Multiplexor de potencia 1 [ 9 ].

Los multiplexores son circuito combinatoriales que poseen varias entradas y una sola salida. La salida se selecciona con un circuito de control que nos permite mediante las distintas combinaciones lógicas poder seleccionar cualquier canal de entrada. Las entradas de control permiten la selección de una única entrada de datos para transmitirla a la salida. Además este tipo de circuitos se rigen por una regla básica, siendo M las señales de entrada, siendo n las señales de control, se cumple que ;

$$M = 2^n ;$$

***Sí se tienen 8 entradas, se necesitarán 3 Señales de control.***

**Figura 23 : Fórmula multiplexor.**

Esta familia de multiplexores de potencia TPS211xA permiten una transición entre dos fuentes de alimentación, son dispositivos de dos entradas que operan con tensiones recomendadas desde 1.5 voltios hasta los 5.5 voltios y son capaces de entregar corrientes de salida por encima de 1 amperio. Este multiplexor tiene tres señales de control, pero para la aplicación del proyecto a tratar sólo se utilizarán dos de ellas, ya se comentará más adelante la no utilización de una de ellas. La familia TPS211xA incluye un circuito de protección térmico, un control de corriente de arranque, un bloqueo de conducción cruzada y un bloqueo de conducción en inversa, este tipo de características simplifican enormemente el diseño.

Algunas de las características básicas de este componente se muestran a continuación :

- Baja resistencia en ON.
- Bloqueo inverso y de circulación cruzada.
- Amplio rango de voltaje de funcionamiento, desde 2,8 V hasta 5,5 V.
- Corriente de reposo baja.

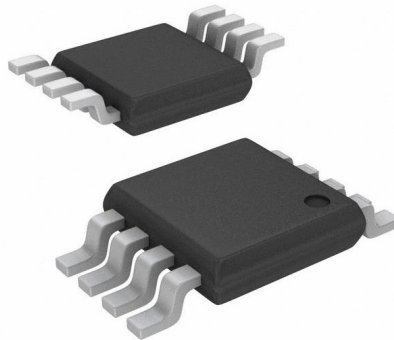


- Baja corriente de funcionamiento.
- Límite de corriente de entrada ajustable en un rango.
- Tiempo de transición de voltaje de salida controlada.
- Minimiza la capacidad de retención del voltaje de salida.
- Entradas de control compatibles con tecnología CMOS y TTL.
- Modos de funcionamiento manuales y de conmutación automática.
- Apagado térmico de seguridad.
- Disponible en enpaquetado TSSOP – 8.

Algunas de las aplicaciones en las que es usado este tipo de multiplexores son las siguientes :

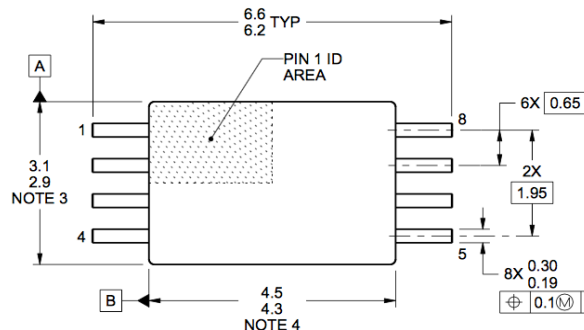
- PC's
- PDA's
- Cámaras Digitales.
- Módems.
- Smartphones.
- Radios digitales.

El componente es un dispositivo de 8 patillas con un " Package " tipo TSSOP - 8. Se enseña a continuación una imagen del componente :



**Figura 24 : TSSOP 8 Package.**

Las dimensiones del componente son las siguientes. Tiene un ancho de 3.1 milímetros, un largo de 4.5 milímetros y entre patillas una distancia de 0.65 milímetros. El ancho de cada patilla es de 0.30 milímetros. Se muestra la dimensión de forma gráfica en la Figura 25 :



**Figura 25 : Dimensiones del multiplexor de potencia.**

### 2.3.6. CIRCUITO 6 Multiplexor de potencia 2.

Este circuito tiene otro multiplexor de potencia exactamente igual que en el CIRCUITO 5, como se ha mostrado en el anterior apartado. Es un multiplexor de potencia de el fabricante Texas Instruments con un patillaje TSSOP 8.

### 2.3.7. CIRCUITO 7 Gestor de Energía MAX 8662 Power Management [ 10 ].

En el proyecto para gestionar y controlar la energía, se ha incorporado un sistema de gestión de energía Power Management del fabricante Maxim Integrated, cuya finalidad es administrar la energía de forma eficiente y alimentar la carga del sistema . Este dispositivo es de alto rendimiento y compacto , adecuado para teléfonos móviles, PDA, dispositivos de internet y cualquier otro dispositivo portátil.

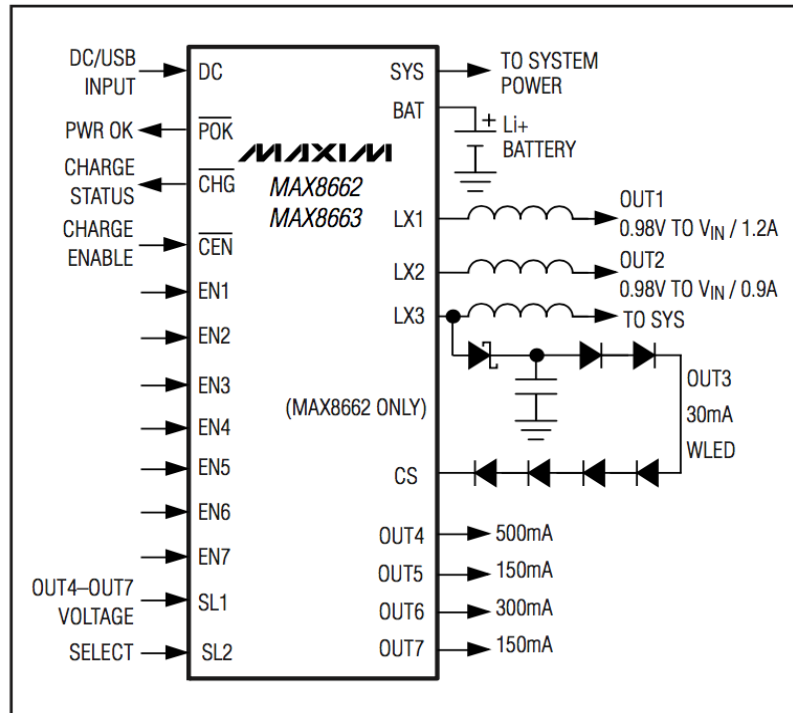
Integran internamente dos reguladores síncronos, un regulador de impulso para siete leds blancos, también integra cuatro reguladores lineales y un cargador lineal para una batería de Litio Ion Li + monocelular.

- Dos reguladores Buck de 1 Mhz a 95 % de eficiencia:
  - 1 ) Regulador principal con tensión de entrada desde 0.98 voltios hasta Vin y corriente de salida de 1200mA.
  - 2 ) Regulador número 2 con tensión de entrada de 0.98 voltios y corriente de salida de 900 mA.
- Driver WLED de 1 Mhz:
  - 1 ) Gestiona 7 leds blancos a 30 mA ( máximo).
  - 2 ) PWM control.
- Cuatro reguladores lineales de baja caída:
  - 1) Rango de tensión de entrada desde 1.7 voltios hasta 5.5 voltios.
  - 2) 15 microamperios de corriente de reposo.
- Cargador de batería Litio Ion + de una sola célula.
  - 1) Adaptador de entrada USB.
  - 2 ) Protección térmica contra sobrecargas.
- Selección de potencia inteligente. Smart Power Selector (SPS) .
  - 1) Adaptador AC / USB ó fuente de la batería.
  - 2) Cargador de corriente y de la carga del sistema.

Algunas de las aplicaciones principales en las que se usa este dispositivo son :

- Teléfonos móviles Smart 3G.
- Otros dispositivos portátiles.
- PDA's
- Reproductores multimedia portátiles ( PMP).
- Dispositivos portátiles de navegación GPS.

El circuito típico de aplicación del dispositivo MAX 8662 es ;



**Figura 26 ; Circuito Típico de aplicación del dispositivo MAX 8662 Maxim Integrated.**

En el proyecto se pidió la tarjeta de evaluación a "Maxim Integrated Company" para poder gestionar la energía suministrada por las distintas fuentes de alimentación. Así pues, el dispositivo MAX 8662 de Maxim Integrated es una placa PCB con diversos componentes integrados en ella. Esta placa tiene un componente principal que es el encargado de la gestión y administración de la energía en el sistema, este componente ya integrado tiene un "Pin Package" 48 TGFN - EP de dimensiones 6 mm x 6mm x 0.8 mm.

El dispositivo también incluye un selector de potencia inteligente, Smart Power Selector, distribuye de forma segura la energía entre una fuente de alimentación externa (adaptador de corriente alterna, adaptador automático o fuente USB), la batería y la carga del sistema.

Cuando los picos de carga del sistema superan la capacidad de la fuente externa, la batería suministra corriente suplementaria. Cuando los requisitos de carga del sistema son pequeños, la energía residual de la fuente de alimentación externa carga la batería. Un circuito de limitación térmica limita también la tasa de carga de la batería y la corriente externa de la fuente de alimentación para evitar el sobrecalentamiento del sistema.

Los PMIC altamente integrados están diseñados para su uso en teléfonos celulares inteligentes, PDA, dispositivos de Internet y otros dispositivos portátiles. Integran dos reguladores síncronos de buck, un regulador de impulso que impulsa de dos a siete LEDs blancos, cuatro reguladores lineales de baja caída (LDO) y un cargador lineal para una batería Li+ de una sola célula. La figura 27 es el diagrama de bloques y el circuito de aplicación.

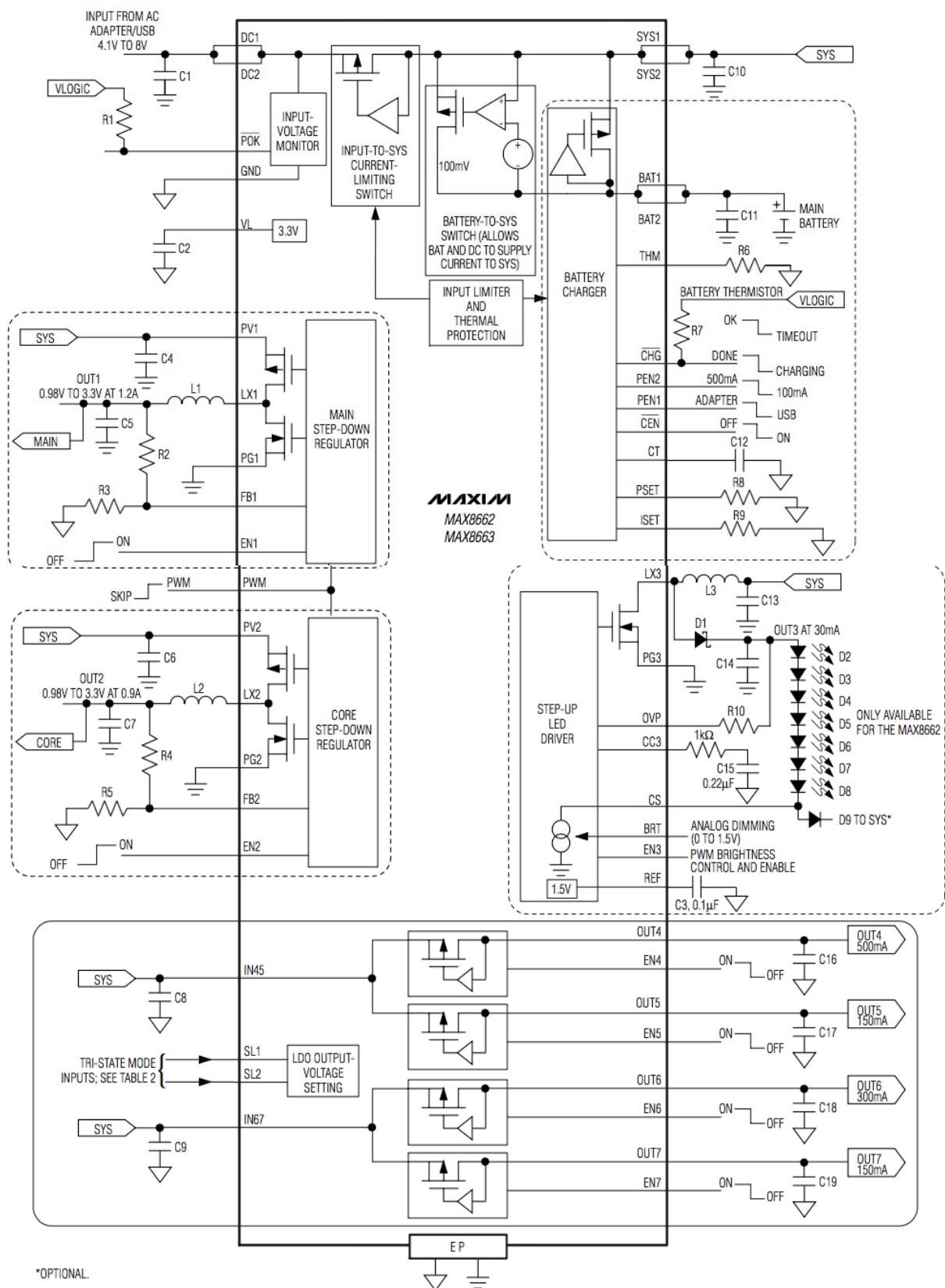


Figura 27 ; Diagrama de bloques y circuito de aplicación MAX 8662 Ev Kit Maxim Integrated.

La circuitería SPS ofrece una distribución de energía flexible entre un adaptador de CA o fuente USB, batería y carga del sistema, y aprovecha al máximo la energía disponible desde la entrada del adaptador de CA / USB. La batería está cargada con cualquier energía disponible que no utilice la carga del sistema. Si un pico de carga del sistema supera el límite actual, la corriente suplementaria se toma de la batería.

La limitación térmica evita el sobrecalentamiento al reducir la potencia extraída de la fuente de entrada. Dos convertidores DC-DC escalonados logran una excelente eficiencia de carga y tienen circuitos de arranque suave incorporados; La frecuencia de conmutación de 1MHz permite pequeños componentes externos. Cuatro reguladores lineales LDO cuentan con baja corriente de reposo y funcionan desde entradas de hasta 1.7V. Esto permite que los LDOs operen desde la tensión de salida decreciente para mejorar la eficiencia. El controlador de LED blanco cuenta con fácil ajuste de brillo LED y la protección de sobrevoltaje de LED abierto. Un cargador Li + de 1 celda tiene una corriente de carga programable de hasta 1,25 A y un temporizador de carga.

- **Selector de potencia inteligente (SPS).**

SPS distribuye la energía de forma transparente entre la entrada externa, la batería y la carga del sistema (Figura 28). Las funciones básicas de SPS son:

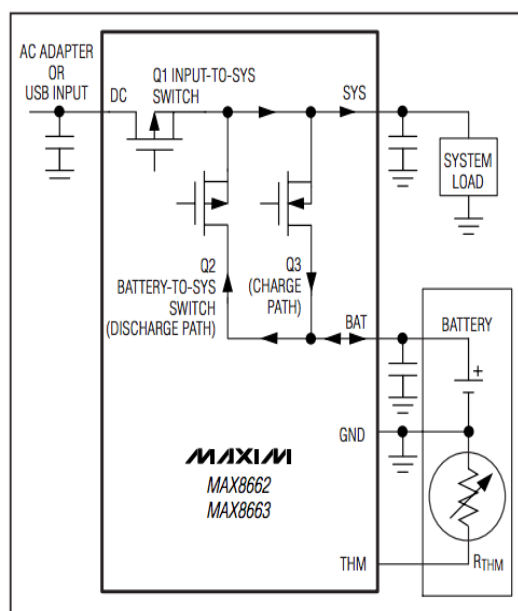
- Con la fuente de alimentación externa y la batería conectada:

A) Cuando los requisitos de carga del sistema exceden la capacidad de la entrada de energía externa, la batería suministra corriente suplementaria a la carga.

B) Cuando los requisitos de carga del sistema son menores que la capacidad de la entrada de energía externa, la batería se carga con energía residual de la entrada.

- Cuando la batería está conectada y no hay entrada de alimentación externa, el sistema se alimenta de la batería.
- Cuando se conecta una entrada de alimentación externa y no hay batería, el sistema se alimenta desde la entrada de alimentación externa.

Un circuito de limitación térmica reduce la tasa de carga de la batería y la corriente externa de la fuente de alimentación para evitar el sobrecalentamiento.



**Figura 28. Diagrama de bloques del selector de potencia inteligente.**

- **Limitador de entrada.**

Todas las salidas reguladas (OUT1-OUT7) derivan su potencia de la salida SYS. Con un adaptador de CA o una fuente USB conectada en DC, el limitador de entrada distribuye la energía de la fuente de alimentación externa a la carga del sistema y al cargador de batería. Además de la función principal del limitador de entrada de pasar la fuente de alimentación de CC al sistema y las cargas del cargador en SYS, realiza varias funciones adicionales para optimizar el uso de la potencia disponible:

1. **Limitación del voltaje de entrada.**

Si el voltaje en DC aumenta, SYS limita a 5.3V, evitando una sobretensión de la carga del sistema. Un voltaje de CC superior a 6,9V se considera inválido y el limitador de entrada desconecta completamente la entrada de CC. El voltaje de resistencia en DC está garantizado como mínimo 9V. Una entrada de CC también es inválida si es menor que BAT, o menor que el umbral de subtenión de CC de 3.5V (descendente). Con un voltaje de entrada DC no válido, SYS se conecta a BAT a través de un conmutador de 40mΩ.

2. **Protección de sobreintensidad de entrada.**

La corriente en DC está limitada para evitar la sobrecarga de entrada. Este límite de corriente se ajusta automáticamente para que coincida con las capacidades de la fuente, ya sea una fuente USB de 100mA o 500mA o un adaptador de CA. Cuando la carga excede el límite de corriente de entrada, SYS cae a 100mV por debajo de BAT y la batería suministra corriente de carga suplementaria.

- **Limitación Térmica.**

Limitación Térmica: El limitador de entrada incluye una limitación térmica, se trata de un circuito que reduce la corriente de DC cuando la temperatura de la unión IC aumenta más de + 100 ° C en un intento de prevenir el exceso de temperatura. El límite de corriente se reducirá en un 5% / ° C temperaturas superiores a + 100 ° C, disminuyendo a 0mA a + 120 ° C. Debido a la naturaleza adaptativa del sistema de la corriente del cargador se reduce a 0mA antes la carga del sistema se ve afectada por la limitación térmica.

- **Carga adaptativa de la batería.**

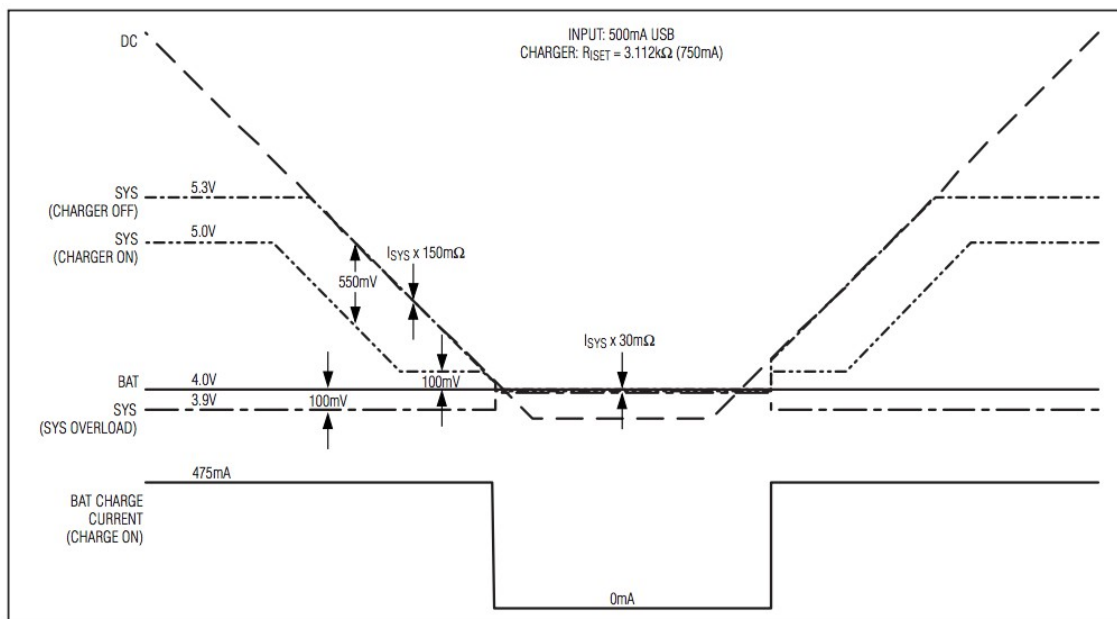
Mientras el sistema está alimentado de DC, el cargador también puede dar energía de SYS para cargar la batería. Si la carga del cargador más la carga del sistema excede la capacidad actual de la fuente de entrada, un bucle de control adaptativo del cargador reduce la corriente de carga para evitar que el voltaje SYS se colapse. Manteniendo un mayor voltaje en SYS mejora la eficiencia y reduce la disipación de potencia en el limitador de entrada al hacer funcionar los reguladores de conmutación a una corriente más baja.

La Figura 29 muestra el voltaje SYS y su relación con DC y BAT bajo tres condiciones:

- A) El cargador está apagado y el SYS se controla desde DC.
- B) El cargador está encendido y el control adaptativo del cargador está limitando la corriente de carga.
- C) La carga en SYS es mayor que la corriente de entrada disponible.

El circuito adaptativo del cargador de batería reduce la corriente de carga cuando el voltaje SYS cae 550 mV por debajo de DC. Por ejemplo, si DC está a 5V, la corriente de carga baja para evitar que el SYS caiga por debajo de 4.45V.

Cuando DC es mayor que 5.55V, la circuitería adaptativa de carga reduce la corriente de carga cuando SYS baja de 300mV por debajo del punto de regulación SYS 5.3V (5.0V).



**Figura 29 ; Voltaje SYS y corriente de carga versus DC y BAT voltajes.**

- Selección de límite de corriente de entrada CC (PEN1 / PEN2).

El límite de corriente de entrada se puede establecer en una variedad de valores como se muestra en la Tabla 1. Cuando la entrada PEN1 está a nivel bajo, se espera una fuente USB en DC y el límite actual es ajustado a 95mA o 475mA por el terminal PEN2. Cuando PEN1 está a nivel alto, se espera un adaptador de CA en DC y el límite de corriente se establece fijando una resistencia programable en PSET. El límite de corriente de entrada de CC se calcula a partir de:

$$IDC\_LIM = 2000 \times (1.5 / RPSET)$$

**Figura 30 : Límite de corriente de entrada DC.**

Una excepción es cuando el cargador de batería está desactivado (CEN a nivel alto) con PEN2 a nivel bajo, donde el MAX8662 entra en el modo de suspensión USB.

**Table 1. DC Input Current and Charger Current-Limit Select**

CEN	PEN1	PEN2	DC INPUT CURRENT LIMIT	EXPECTED INPUT TYPE	CHARGER CURRENT LIMIT**
0	0	0	95mA	100mA USB	1556(1.5V / R <sub>IS</sub> ET)
0	0	1	475mA	500mA USB	1556(1.5V / R <sub>IS</sub> ET)
0	1	X*	2000(1.5V / R <sub>P</sub> SET)	AC adapter	1556(1.5V / R <sub>IS</sub> ET)
1	X*	0	Off	USB suspend	Off
1	0	1	475mA	500mA USB	Off
1	1	1	2000(1.5V / R <sub>P</sub> SET)	AC adapter	Off

**Tabla 1 : Corriente DC de entrada y selección del límite de corriente del cargador .**

- **Encendido -OK Salida (POK).**

POK es una salida de drenaje abierto activa a nivel bajo que indica el estado de la entrada. Cuando el voltaje en DC está entre la subtensión y los umbrales de sobretensión, y es mayor que el voltaje de BAT, POK baja para indicar que la potencia de entrada está bien. De lo contrario, POK es de alta impedancia. POK no se ve afectada por los estados de PEN1, PEN2 o CEN. POK permanece activo en sobrecarga térmica.

- **Cargador de batería.**

Con un adaptador de CA / voltaje USB válido presente, el cargador de la batería inicia un ciclo de carga cuando el cargador está activado. Primero detecta el voltaje de la batería. Si la batería tiene un voltaje menor que el umbral de precalificación BAT (3.0V), el cargador entra en el modo de precalificación, y la batería carga al 10% de la corriente de carga máxima. Esta carga lenta garantiza que la batería no se dañe por una corriente de carga rápida después de estar profundamente descargada. Una vez que el voltaje de la batería sube a 3.0V, el cargador pasa al modo de carga rápida y aplica la corriente de carga máxima. A medida que la carga continúa, el voltaje de la batería sube hasta que alcanza el voltaje de la batería de regulación (4.2V) donde la corriente de carga comienza a disminuir. Cuando la corriente de carga disminuye al 7,5% de la corriente de carga rápida, el cargador entra en el modo top off. La carga máxima continúa durante 30 minutos, y se detiene. Si el voltaje de la batería cae por debajo del umbral de recarga de 4.1V, la carga se restablece y los temporizadores vuelven al inicio.

- **Corriente de carga.**

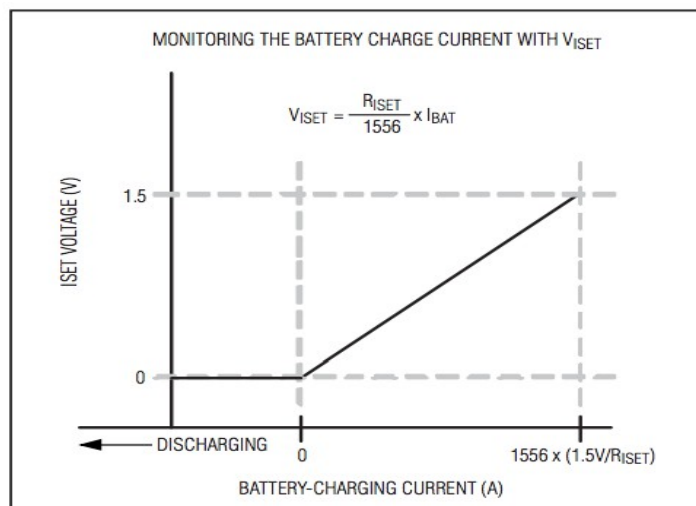
ISET ajusta la corriente de carga MAX8662 para que coincida con la capacidad de la batería. Una resistencia desde ISET a masa establece la corriente máxima de carga rápida, la corriente de carga en prequal, y la corriente de carga por debajo del umbral el cual la batería se considera completamente cargado. Calcule estos umbrales de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} I_{CHG-MAX} &= 1556 \times 1.5 \text{ V} / R_{ISET}. \\ I_{PRE-QUAL} &= 10 \% \times I_{CHG-MAX}. \\ I_{TOP-OFF} &= 7.5 \% \times I_{CHG-MAX}. \end{aligned}$$

**Figura 31 :Corrientes de carga de la batería.**

Se determina el valor ICHG-MAX considerando las características de la batería, y no las capacidades del adaptador de CA / entrada de carga USB esperada, el sistema de carga o limitaciones térmicas del PCB. El MAX8662 ajusta automáticamente el algoritmo de carga para acomodar estos factores. Además de establecer la corriente de carga, ISET también proporciona un medio para controlar la corriente de carga de la batería. La tensión de salida del pin ISET controla la corriente de carga de la batería, y se puede utilizar para monitorear la carga, como se muestra en la Figura 32. Una salida de 1,5 V indica si la batería se está cargando a la máxima corriente de carga rápida; 0V indica que no se está cargando. Este voltaje también es utilizado por el circuito de control del cargador para establecer y controlar la corriente de la batería. Se debe evitar agregar más de 10pF directamente al pin de ISET. Si se filtra la monitorización de la corriente de carga es necesario una resistencia de 100kΩ o más entre ISET y el filtro del condensador para preservar la estabilidad del cargador.





**Figura 32 ; Monitorización de la carga de la batería con la tensión de salida de ISET.**

- **Temporizador de carga.**

Como se muestra en la Figura 33, el MAX8662 incorpora un temporizador de fallas para una carga segura. Si la carga de precalificación o la carga rápida no se completa dentro de los límites de tiempo, que son programados por el condensador CT, el cargador deja de cargarse y emite un fallo de tiempo de espera. La carga se puede reanudar cambiando CEN o con el ciclo de la tensión de entrada de CC. Los valores de soporte de MAX8662 de CCT son de 0,01μF hasta 1 μF:

$$t_{PREQUAL} = 30 \text{ min} \times (CCT / 0.068 \mu F) .$$

$$t_{FST-CHG} = 300 \text{ min} \times (CCT / 0.068 \mu F) .$$

**Figura 33 : Temporizador de carga de la batería.**

Cuando el cargador sale del modo de carga rápida, CHG se establece en alta impedancia y modo top-off es activado .El tiempo también es determinado por la capacitancia en CT ;

$$t_{TOP OFF} = 300 \text{ min} \times (CCT / 0.068 \mu F) .$$

**Figura 34 : Temporizador de carga de la batería II.**

En el modo de carga rápida, el temporizador de fallas, la corriente de carga es limitada, por entrada o por limitación térmica, menos del 20% de ICHG-MAX. Conectando CT a GND se desactiva la precalificación y los temporizadores de carga rápida, permitiendo que la batería se cargue indefinidamente en el modo top-off, o si otros temporizadores del sistema se utilizan para controlar la carga.

- **Entrada de habilitación de carga (CEN).**

Fijando en CEN un nivel alto, desactiva el cargador de la batería. Fijando en CEN un nivel bajo, se habilita el cargador cuando se conecta una fuente válida en DC. CEN no afecta a la corriente límite de entrada, excepto que conduce CEN alto y PEN2 bajo activa el modo de suspensión USB. En muchos sistemas, no hay necesidad de que el controlador del sistema (típicamente un microprocesador) desactive el cargador porque la circuitería SPS gestiona de forma independiente la carga y la transferencia del adaptador / batería. En estas situaciones, el CEN puede conectarse a tierra.

- **Salida de estado de carga (CHG).**

CHG es una salida de drenaje abierto que indica el estado del cargador. CHG está a nivel bajo cuando el cargador de batería está en modo precalificación o en modo de carga rápida. Es de alta impedancia cuando la carga está finalizada, en top-off, o deshabilitado. El cargador falla si el temporizador de carga expira en precalificación o carga rápida. En este estado, CHG pulsa a 1 Hz para indicar que se produjo un fallo.

- **Entrada de termistor del cargador de batería (THM).**

La temperatura de la batería o ambiente se puede monitorizar con un termistor de coeficiente de temperatura negativo (NTC). La carga se permite cuando la temperatura del termistor está dentro del rango permitido. El cargador entra en un estado de suspensión de temperatura cuando la resistencia del termistor cae por debajo de 3.97kΩ (demasiado caliente) o se eleva por encima de 28.7kΩ (demasiado frío). Esto corresponde a un rango de 0 a + 50 ° C cuando se utiliza un termistor NTC de 10 kΩ con un beta de 3500. La relación de la resistencia del termistor a la temperatura se define mediante la siguiente ecuación:

$$RT = R25 \times e^{\left\{ \beta \left( \frac{1}{T+273} - \frac{1}{298} \right) \right\}}$$

**Figura 35 : Relación termistor NTC.**

dónde:

RT = La resistencia en ohms del termistor a la temperatura T en Celsius.

R25 = La resistencia en ohms del termistor a + 25 ° C.

β = La constante de material del termistor, que típicamente oscila entre 3000K y 5000K.

T = La temperatura del termistor en ° C.

La Tabla 2 muestra los límites de temperatura para diferentes termistores, para cada material le corresponde una constante distinta . Esta se puede acomodar normalmente conectando una resistencia en serie y / o en paralelo con el termistor y / o utilizando un termistor con diferentes β. Por ejemplo, un + 45 ° C y un umbral de frío de 0 ° C. Realizado mediante el uso de un termistor con un β de 4250 y conectando 120kΩ en paralelo. Dado que la resistencia del termistor está cerca de 0 ° C es mucho más alta que cerca de + 50 ° C, una resistencia paralela de un valor grande, baja el umbral de frío, mientras que sólo se reduce ligeramente el umbral caliente. A la inversa, una pequeña resistencia en serie eleva el margen de frío, mientras sólo se eleva ligeramente el umbral de caliente. El temporizador del cargador se detiene cuando la resistencia del termistor está fuera de rango: la carga se detiene y el temporizador y los contadores mantienen su estado.

Cuando la temperatura está de nuevo en el rango, la carga se reanuda y los contadores continúan desde donde lo dejaron. Conectando THM a GND desactiva la función del termistor.

**Table 2. Fault Temperatures for Different Thermistors**

<b>THERMISTOR B (K)</b>	<b>3000 (K)</b>	<b>3250 (K)</b>	<b>3500 (K)</b>	<b>3750 (K)</b>	<b>4250 (K)</b>
Resistance at +25°C (kΩ)	10	10	10	10	10
Resistance at +50°C (kΩ)	4.59	4.30	4.03	3.78	3.316
Resistance at 0°C (kΩ)	25.14	27.15	29.32	31.66	36.91
Nominal Hot Trip Temperature (°C)	55	53	50	49	46
Nominal Cold Trip Temperature (°C)	-3	-1	0	2	4.5

*Tabla 2 :Diferentes temperaturas por defecto para los distintos termistores.*

- **Convertidores DC-DC reductores (OUT1 y OUT2).**

Las salidas OUT1 y OUT2 son convertidores paso a paso de alta eficiencia, operan con 1MHz de frecuencia, de corriente step - down y con tensión de salida ajustable. El regulador OUT1 emite 0,98V a VIN hasta 1200mA, mientras que OUT2 produce 0,98V a VIN hasta 900mA. OUT1 y OUT2 tienen entradas de habilitación individuales. Cuando están activadas, las salidas OUT1 y OUT2 aumentan gradualmente la tensión de salida durante un tiempo de inicio suave de 400μs. Este arranque suave elimina los picos de corriente de entrada. OUT1 y OUT2 pueden funcionar con un ciclo de trabajo del 100%, lo que permite a los reguladores mantener la tensión de regulación de la batería lo más baja posible. La tensión de desconexión OUT1 es de 72mV con una carga de 600mA y la tensión de desconexión OUT2 es de 90mV con una carga de 450mA (no incluye la resistencia del inductor). Durante la operación de ciclo de trabajo del 100%, el MOSFET de canal p de lado alto se enciende continuamente, conectando la entrada a la salida a través del inductor.

- **Modos de funcionamiento del convertidor reductor.**

Las salidas OUT1 y OUT2 pueden funcionar tanto en modo PWM automático (PWM a nivel bajo) como en PWM forzado (PWM a nivel alto). En modo AUTO-PWM, las salidas OUT1 y OUT2 entran en el "modo de salto" cuando la corriente de carga cae por debajo de un nivel predeterminado. En el "modo de salto", el regulador salta varios ciclos cuando no son necesarios, lo que disminuye considerablemente la corriente y mejora la eficiencia con cargas ligeras. En el modo PWM forzado, los convertidores operan con una frecuencia de conmutación constante de 1MHz independientemente de la carga de salida. La tensión de salida se regula modulando el ciclo de trabajo de conmutación. El modo de PWM forzado es preferible para sistemas de bajo ruido, donde los armónicos de conmutación pueden ocurrir solamente a múltiplos de la frecuencia de conmutación constante y se filtran fácilmente; Sin embargo, la corriente de funcionamiento del regulador es mayor y la eficiencia de carga ligera se reduce.

- **Rectificación síncrona.**

Los rectificadores síncronos de canal n eliminan la necesidad de diodos Schottky externos y mejoran la eficiencia. El rectificador síncrono se enciende durante la segunda mitad de cada ciclo de conmutación. Durante este tiempo, el voltaje a través del inductor se invierte, y la corriente del inductor cae hacia abajo. En el modo PWM, el rectificador síncrono se apaga al final del ciclo de conmutación y el rectificador síncrono se apaga cuando la corriente del inductor cae por debajo del umbral de cruce a cero del canal n o al final del ciclo de conmutación, lo que ocurra primero.

- **Ajuste de la tensión de salida OUT1 y OUT2.**

Seleccione una tensión de salida para OUT1 entre 0,98V y VIN conectando FB1 al centro de un divisor de tensión resistivo entre OUT1 y GND. Elija R3 para una corriente de polarización razonable en el circuito resistivo divisor; Elija R3 para estar entre 100kΩ y 200kΩ. Entonces, R2 está dado por:

$$R2 = R3 ( ( V_{OUT1} / V_{FB} ) - 1 )$$

*Figura 36 : Cálculo de la resistencia R2 para establecer la tensión de salida de OUT1 y OUT2.*

Donde VFB = 0,98V. Para OUT2, R4 y R5 se calculan utilizando:

$$R4 = R5 ( ( V_{OUT2} / V_{FB} ) - 1 )$$

*Figura 37 : Cálculo de la resistencia R4 para establecer la tensión de salida de OUT2.*

- **Inductores OUT1 y OUT2.**

Se recomiendan usar inductores de 3.3μH y 4.7μH para los convertidores de salida OUT1 y OUT2. Asegúrese de que la intensidad de corriente de saturación del inductor excede la corriente máxima del inductor y que la corriente máxima del inductor de corriente nominal exceda la corriente máxima de salida. Para corrientes de carga más bajas, se puede reducir la corriente nominal del inductor. Para la mayoría de las aplicaciones, utilice un inductor con una corriente nominal de 1,25 veces la corriente de salida máxima requerida. Para obtener la máxima eficiencia, la resistencia CC del inductor debe ser lo más baja posible.

- **Boost con controlador de LED blanco.**

El MAX8662 contiene un convertidor de impulso, OUT3, que conduce hasta siete LEDs blancos en serie hasta 30mA. El convertidor de impulso regula su voltaje de salida para mantener la parte inferior de la pila de LED a 320mV. Una velocidad de conmutación de 1MHz permite un pequeño inductor y pequeños condensadores de entrada y salida, al tiempo que minimiza la ondulación de entrada y salida.

- **La tensión de referencia REF**

Es una salida regulada de 1,5V que está disponible para accionar la entrada BRT cuando el convertidor de impulso está habilitado. Este voltaje se puede usar para controlar el brillo del LED conduciendo BRT a través de un divisor de resistencia.

- **Protección de Sobretensión de Boost (OVP).**

OVP limita la tensión máxima de la salida de refuerzo para protección contra sobretensión debido a los LED's abiertos o desconectados. Fijando una resistencia externa entre OUT3 y OVP, con una corriente interna de 20μA de OVP a GND, establece la salida de impulso máximo a:

$$V_{BOOST\_MAX} = (R_{OVP} \times 20\mu A) + 1.25 V.$$

*Figura 38 :Tensión máxima de impulso.*

Por ejemplo, con  $R_{OVP} = 1.2M\Omega$ , el voltaje máximo OUT3 se fija en 25.25V. El circuito OVP también proporciona un arranque suave para reducir la corriente de arranque aumentando la corriente interna de pulldown de 0 a 20μA sobre 1,25ms al arranque. La corriente interna de 20μA se desconecta cuando EN3 pasa a nivel bajo.

La salida OUT3 también se puede utilizar como un aumento de voltaje-salida estableciendo  $R_{OVP}$  para la tensión de salida deseada. Al hacer esto, el condensador del filtro de salida debe ser al menos 1μF, y la red de compensación debe ser un condensador de 0.01μF en serie con una resistencia de 10kΩ de CC3 a tierra.

- **Control de Brillo (Voltaje o PWM).**

La corriente del LED es ajustada por la tensión en BRT. La gama de VBRT para ajustar la corriente de salida desde 1mA hasta 30mA es de 50mV hasta 1.5V. La conexión de BRT a una tensión de referencia de 1,5 V (como REF) establece una corriente de LED de 30 mA. La entrada EN3 también puede ser accionada por una señal de control de brillo PWM de nivel lógico, tal como la suministrada por un microcontrolador. El rango de frecuencia PWM permitido es de 1kHz a 100kHz. Un ciclo de trabajo del 100% corresponde a la corriente total ajustada por el pin BRT. El MAX8662 decodifica digitalmente la señal de brillo PWM y elimina la ondulación PWM que se encuentra en los controles de brillo PWM más comunes. Como resultado, no se necesita filtrado externo para evitar la ondulación de intensidad a la velocidad de PWM.

Con el fin de distinguir adecuadamente entre una señal de control DC o PWM, el MAX8662 retrasa la activación desde el flanco ascendente de EN3, y apaga desde el flanco descendente de EN3, por 2ms. Si no hay más transiciones en la EN3 después de 2 ms, EN3 asume que la señal de control es DC y ajusta el brillo del LED basado en el nivel de CC. Si dos flancos ascendentes se producen dentro de 2ms, el circuito asume que el control es PWM y establece brillo basado en el ciclo de trabajo.

- **Inductor OUT3.**

Para el controlador LED blanco, OUT3, se recomienda utilizar un inductor de 22μH para la mayoría de las aplicaciones. Para una mejor eficiencia, la resistencia CC del inductor también debe ser tan baja como sea posible.

- **Compensación OUT3 .**

Una red de compensación RC de CC3 a GND y un condensador de salida (C14 de la figura 27) garantizan la estabilidad del convertidor de potencia. Para aplicaciones WLED, conecte un condensador cerámico de 0.22μF en serie con una resistencia de 1kΩ de CC3 a GND y se debe utilizar un condensador de salida de 0.1μF. Para aplicaciones de voltaje de salida fijo como OLED, conecte un condensador cerámico de 0.01μF en serie con una resistencia de 10kΩ desde CC3 a GND y use un condensador de 1μF.

Estos componentes para aplicaciones de voltaje de salida fijo mejoran el rendimiento transitorio de carga del convertidor de impulso. La compensación por esta carga mejora el rendimiento transitorio. El condensador de salida de mayor voltaje (30V) más grande es de 1 $\mu$ F.

La red de compensación RC conectada desde CC3 a GND afecta al tiempo de rampa de corriente del sumidero del controlador WLED. La tensión OUT3 sube en 1.25ms, pero la corriente de sumidero WLED de 30mA se estabiliza en 12ms. Este 12ms está asociado con la compensación de 1k $\Omega$  en serie con 0.22 $\mu$ F. Las constantes de tiempo RC más pequeñas reducen el tiempo de rampa de corriente de WLED.

- **Selección de diodos OUT3 .**

La frecuencia de conmutación alta del convertidor requiere un diodo de rectificación de alta velocidad (D1) para una eficiencia óptima. Se recomienda un diodo Schottky debido a su rápido tiempo de recuperación y baja tensión. Asegúrese de que la intensidad de corriente máxima del diodo excede la corriente máxima del inductor. Además, la tensión de ruptura inversa del diodo debe exceder la VOUT3.

- **Reguladores Lineales. (OUT4, OUT5, OUT6 y OUT7).**

Los cuatro reguladores lineales de baja caída, corriente baja y baja tensión. Las corrientes máximas de salida para OUT4, OUT5, OUT6 y OUT7 son 500mA, 150mA, 300mA y 150mA, respectivamente. Cada regulador tiene su propia entrada de habilitación. Cuando está activado, un regulador lineal arranca suavemente con las salidas a 34V / ms. Esto limita la corriente de entrada cuando los reguladores están habilitados. Las tensiones de salida LDO, OUT4, OUT5, OUT6 y OUT7 son programables mediante SL1 y SL2 (Tabla 3). SL1 y SL2 están destinados a ser cableados y no pueden ser accionados por lógica activa. Cambios en SL1 y SL2 después de la puesta en marcha se ignoran.

**Table 3. SL1 and SL2, Output Voltage Selection**

CONNECT SL_ TO:		LINEAR REGULATOR OUTPUT VOLTAGES			
SL1	SL2	OUT4 (V)	OUT5 (V)	OUT6 (V)	OUT7 (V)
Open circuit	Open circuit	3.3	3.3	3.3	3.3
Ground	Open circuit	3.3	2.85	1.85	1.85
SYS	Open circuit	2.85	2.85	1.85	1.85
Open circuit	Ground	3.3	2.85	2.85	1.85
Ground	Ground	2.5	3.3	1.5	1.5
SYS	Ground	2.5	3.3	1.5	1.3
Open circuit	SYS	1.2	1.8	1.1	1.3
Ground	SYS	3.3	2.85	1.5	1.5
SYS	SYS	1.8	2.5	3.3	2.85

*Tabla 3 : Selección de tensión esperada en la entrada con SL1 y SL2.*

- **VL Regulador Lineal.**

VL es la salida de un regulador lineal de 3,3V que alimenta el limitador de entrada y los circuitos de control del cargador. VL se alimenta de la CC y puede proporcionar hasta 10mA cuando una fuente de la CC está presente. Se conecta VL a GND con un condensador de 0,1 $\mu$ F.

- **Entradas de habilitación del regulador (EN\_).**

Los reguladores OUT1-OUT7 tienen entradas de habilitación individuales. EN\_ a nivel alto para iniciar el inicio suave y se habilita OUT\_. EN\_ a nivel bajo para desactivar OUT\_. Cuando está inhabilitado, cada regulador (OUT1-OUT7) conmuta con una resistencia de pulldown activa para descargar la salida.

- **Corriente de arranque suave / inrush.**

El MAX8662 implementa un arranque suave en muchos niveles para controlar la corriente de entrada y evitar el colapso de las tensiones de alimentación de la fuente. El límite de entrada de tensión y el cargador de batería tienen un tiempo de arranque suave de 1,5 ms. Todos los reguladores también implementan soft-start.

El arranque suave del driver del LED blanco se logra mediante la rampa de la corriente OVP de 0 a 20 $\mu$ A en 1,25ms. Durante el arranque suave, el controlador PWM obliga al ciclo de trabajo de conmutación del 0% para evitar un aumento de la corriente de entrada en el encendido.

- **Bloqueo de subtensión y sobretensión. DC UVLO.**

Cuando la tensión de CC está por debajo del umbral de subtensión de CC (VUVLO\_DC, por lo general cae de 3,5 V), el MAX8662 entra en el bloqueo de subtensión de CC (DC UVLO). DC UVLO obliga a los circuitos de administración de energía a un estado conocido hasta que el voltaje de CC es lo suficientemente alto para permitir que el dispositivo tome decisiones precisas. En DC UVLO, Q1 está abierto (Figura 28), el cargador está deshabilitado, POK es alto-Z y CHG es alto-Z. El interruptor de carga del sistema, Q2 (Figura 28) está cerrado en DC UVLO, permitiendo que la batería alimente el nodo SYS para todos los reguladores. Se permite operar desde la batería en DC UVLO.

- **DC OVLO.**

Cuando la tensión de CC está por encima del umbral de sobretensión de CC (VOVLO\_DC, normalmente 6.9V), el MAX8662 entra en bloqueo de sobretensión de CC (DC OVLO). El modo DC OVLO protege los circuitos MAX8662 de tensión hasta una tensión de 9V. En DC OVLO, VL está activado, Q1 (Figura 28) está abierto, el cargador está deshabilitado, POK es alto-Z y CHG es alto-Z. El interruptor de carga del sistema Q2 (Figura 28) está cerrado en DC OVLO, permitiendo que la batería alimente SYS. Todos los reguladores pueden operar desde la batería en DC OVLO.

- **SYS UVLO.**

Cuando el voltaje SYS cae por debajo del umbral de subtensión SYS (VUVLO\_SYS, normalmente cae 2.4V), el MAX8662 entra en el bloqueo por subtensión SYS (SYS UVLO). SYS UVLO desactiva todos los reguladores. Todos los reguladores asumen los estados determinados por la entrada de habilitación correspondiente (EN\_) cuando la tensión SYS sube por encima de VUVLO\_SYS.

- **Limitación Térmica del Limitador de Entrada.**

El MAX8662 reduce la corriente del limitador de entrada en un 5% / ° C cuando su temperatura excede +100 ° C. La carga del sistema (SYS) tiene prioridad sobre la corriente del cargador, por lo que la corriente de entrada se reduce primero bajando la corriente de carga. Si la temperatura de la unión alcanza aún + 120 ° C a pesar de la reducción de la corriente de carga, no se extrae corriente de la CC, la batería suministra toda la carga del sistema, y SYS se regula a 100mV por debajo de las MTD.

Tenga en cuenta que este circuito de limitación térmica en chip no está relacionado con la entrada del termistor y opera independientemente de ella.

- **Regulador Térmico-Sobrecarga Apagado.**

El MAX8662 desactiva todas las salidas del cargador, SYS y regulador (excepto VL) si la temperatura de la unión supera los + 165 ° C, permitiendo que el dispositivo se enfríe.

Cuando la temperatura de la unión se enfría aproximadamente a 15 ° C, se reanuda el estado que mantenía antes de la sobrecarga térmica. Tenga en cuenta que esta circuitería de protección térmica en el chip no está relacionada con la entrada del termistor y opera independientemente a ella. También tenga en cuenta que el apagado térmico por sobrecarga es un mecanismo a prueba de fallos. El diseño térmico adecuado debe asegurar que la temperatura de empalme nunca exceda la máxima máxima absoluta de + 150 ° C.

- **Disipación de potencia.**

El MAX8662 tiene un circuito de limitación térmica, así como una característica de apagado para proteger el IC de daños cuando la temperatura se eleva. Para permitir la máxima corriente de carga y corriente de carga en cada regulador, y para evitar la sobrecarga térmica, es importante asegurarse de que el calor generado se disipa en la PCB. La paleta expuesta del envase debe ser soldada a la PCB, con vías múltiples firmemente embaladas debajo de la paleta expuesta para asegurar el contacto térmico óptimo al plano de tierra. La Tabla 4 muestra las características térmicas. . Cuando está correctamente montado en una PCB multicapa, la resistencia térmica de unión a ambiente ( $\theta_{JA}$ ) es típicamente de 28 ° C / W.

**Table 5. MAX8662/MAX8663 Package Thermal Characteristics**

	48-PIN THIN QFN (6mm x 6mm)		40-PIN THIN QFN (5mm x 5mm)	
	SINGLE-LAYER PCB	MULTILAYER PCB	SINGLE-LAYER PCB	MULTILAYER PCB
<b>CONTINUOUS POWER DISSIPATION</b>	2105.3mW Derate 26.3mW/°C above +70°C	2963.0mW Derate 37.0mW/°C above +70°C	1777.8mW Derate 22.2mW/°C above +70°C	2857.1mW Derate 35.7mW/°C above +70°C
$\theta_{JA}$	38°C/W	27°C/W	45°C/W	28°C/W
$\theta_{JC}$	1.4°C/W	1.4°C/W	1.7°C/W	1.7°C/W

**Tabla 4 : Características térmicas del MAX 8662.**

En la siguiente Tabla 5 se muestra la descripción de cada pin en el Kit de Evaluación MAX 8662 de Maxim Integrated, al lado, una breve descripción de cada pin ;

PIN	Nombre	Función
<b>1</b>	<b>PEN1</b>	Limitador de entrada, controla la entrada 2. Con los pines CEN y PEN1 se establece la corriente de entrada DC limite desde 95 mA hasta 475 mA. Con una resistencia programable se puede ajustar el nivel de corriente de entrada máximo hasta 2 amperios, o por el contrario apagar el limitador de corriente.



2	<b>PEN2</b>	<i>Limitador de entrada, controla la entrada 2. Con los pines CEN y PEN1 se establece la corriente de entrada DC limite desde 95 mA hasta 475 mA. Con una resistencia programable se puede ajustar el nivel de corriente de entrada máximo hasta 2 amperios, o por el contrario apagar el limitador de corriente.</i>
3	<b>EN3</b>	Entrada de habilitación y entrada de regulación PWM para el regulador 3 LED blanco. Para habilitarlo se fija un nivel alto. Para atenuación controlada por PWM se utiliza EN3 con una entrada de conmutación PWM con una frecuencia desde 1Khz hasta 100 Khz.
4,5	<b>DC1,DC2</b>	<i>Fuente de entrada de corriente continua DC. Conecte un adaptador de corriente alterna AC o fuente USB. DC1 y DC2 están conectados internamente.</i>
6,7	<b>SYS1,SYS2</b>	Tensión de alimentación del sistema. La salida SYS suministra energía a todos los reguladores. Sin alimentación externa SYS1 y SYS2 se conectan a BAT a través de un conmutador interno de 40 mΩ. Cuando un voltaje válido está presente en DC, SYS se conecta a DC, pero está limitado a 5.3 voltios. SYS 1 y SYS 2 están internamente conectados.
8,9	<b>BAT1, BAT2</b>	Conexión de la batería ; Se conecta en este terminal una batería de Litio de una sola célula recargable. La batería se carga desde SYS cuando la fuente válida está presente en el terminal DC. BAT1 y BAT2 están internamente conectadas.
10	<b>BRT</b>	Entrada de control de brillo analógico LED. Conecte BRT a un tensión entre 50 mV hasta 1.5 voltios para establecer ICS desde 1mA hasta 30 mA. Conecte BRT en el centro de un divisor de resistencia conectado entre REF y GND para establecer un brillo fijo cuando no se necesite atenuación analógica.
	~ 40 ~	

11	<b>CHG</b>	Salida del estado del cargador. CHG es un drenador abierto nMOS que pasa a nivel bajo cuando el cargador está en modo apagado superior o deshabilitado.
12	<b>CEN</b>	Entrada de habilitación del cargador. CEN pasa a nivel bajo para activar el cargador cuando se conecta una fuente de DC. CEN pasa a nivel alto para desactivar la carga. CEN pasa a nivel alto y PEN2 pasa a nivel bajo para entrar en el modo de suspensión USB.
13	<b>THM</b>	Entrada del termistor. Se conecta un termistor de coeficiente negativo de temperatura de 10 K $\Omega$ ( NTC ) desde THM a GND. La carga se suspende cuando la temperatura está más allá de los límites de calor o frío. Conecte THM a GND para desactivar la funcionalidad del termistor.
14	<b>ISET</b>	Entrada de ajuste de la velocidad de carga. Conecte una resistencia de ISET a GND para ajustar la corriente de carga rápida de 300mA a 1.25A. La intensidad de carga de precalificación y el umbral de top-off se ajustan a 10% y 7,5% de la corriente de carga rápida, respectivamente
15	<b>CT</b>	Temporizador de carga-Pin de programación. Conecte un condensador de CT a GND para ajustar el tiempo requerido para activar una condición de fallo en modo de carga rápida o precalificación y para determinar el tiempo que el cargador permanece en modo top-off. Conecte CT a GND para desactivar temporizadores.
16	<b>REF</b>	Voltaje de referencia. Proporciona una salida de 1,5 V cuando EN3 es alta. Una resistencia de descarga interna tira de REF a 0V cuando EN3 es baja.
17	<b>GND</b>	Tierra . Conexión de tierra con poco ruido.
18	<b>OUT</b>	Salida del regulador lineal 4 . Proporciona hasta 500mA a una tensión de salida determinada por SL1 y SL2. Conecte un condensador de 4,7 $\mu$ F de cerámica de OUT4 a GND. Aumentar el valor a 10 $\mu$ F si VOUT4 <1.5V.
~ 41 ~		

19	<b>IN45</b>	Alimentación de entrada para reguladores lineales 4 y 5. Conecte IN45 a una tensión de alimentación entre 1,7 V y V <sub>SY</sub> . Conecte al menos un condensador de cerámica de 1µF de IN45 a GND.
20	<b>OUT5</b>	Salida del regulador lineal 5. Proporciona hasta 150mA a una tensión de salida determinada por SL1 y SL2. Conecte un condensador cerámico de 1µF de OUT5 a GND. Aumente el valor a 2.2µF si V <sub>OUT5</sub> <1.5V.
21	<b>EN4</b>	Habilitar la entrada para regulador lineal 4. Se establece un nivel alto para activar.
22	<b>EN5</b>	Habilitar la entrada para el regulador lineal 5. Se establece un nivel alto para activar.
23	<b>PWM</b>	PWM / Selector de modo. PWM pasa a nivel alto para obligar a los reguladores reductores 1 y 2 a operar en el modo 1MHz forzado-PWM. PWM pasa a nivel bajo o conectado a GND para permitir que los reguladores 1 y 2 entren en modo de cargas ligeras.
24	<b>FB1</b>	Entrada de realimentación para regulador Buck 1. Conecte FB1 al centro de un divisor de resistencia conectado entre OUT1 y GND para ajustar la tensión de salida entre 0.98V y 3.3V.
25	<b>EN1</b>	Activa la entrada para el regulador Buck 1. Para habilitarlo necesita estar a nivel alto.
26	<b>PG1</b>	Potencial de tierra para el regulador de buck 1. GND, PG1, PG2 y PG3 deben conectarse externamente.
27	<b>LX1</b>	Regulador Buck 1 Nodo de conexión del inductor. Conecte un inductor de LX1 a la salida del regulador 1.
28	<b>PV1</b>	Entrada de potencia para el regulador Buck 1. Conecte PV1 a SYS y para desacoplar se utiliza un condensador de bajo ESR de 10µF o mayor, conectado a GND. PV1, PV2 y SYS deben conectarse externamente.
	~ 42 ~	

<b>29</b>	<b><i>OVP</i></b>	LED de entrada de sobretensión de refuerzo. Se conecta una resistencia de OVP a la salida de refuerzo para ajustar la tensión de salida máxima e iniciar un arranque suave cuando EN3 suba. Una corriente interna de 20µA de OVP a GND determina la tensión de refuerzo máxima. La corriente interna se desconecta cuando EN3 es baja. OVP es un diodo sujeto a SYS_.
<b>30</b>	<b><i>CS</i></b>	Fuente de corriente del LED. Se fija una corriente de 1mA a 30mA dependiendo de la tensión en BRT y de la señal PWM en EN3. Fija en EN3 un nivel bajo , durante más de 2ms apaga la fuente de corriente. VCS se regula a 0.32V.
<b>31</b>	<b><i>CC3</i></b>	Entrada de Compensación para Regulador de Boost de LED 3.
<b>32</b>	<b><i>FB2</i></b>	Entrada de realimentación para el regulador Buck 2. Conecte el FB2 al centro de un divisor de resistencia conectado entre OUT2 y GND para ajustar el voltaje de salida entre 0.98V y 3.3V.
<b>33</b>	<b><i>PV2</i></b>	Entrada de alimentación para el regulador Buck 2. Conecte PV2 a SYS y para desacoplar se utiliza un condensador de bajo ESR de 10µF o mayor a GND. PV1, PV2 y SYS deben conectarse externamente.
<b>34</b>	<b><i>LX2</i></b>	Regulador Buck 2. Nodo de conexión del inductor. Conecte un inductor de LX2 a la salida del regulador 2.
<b>35</b>	<b><i>PG2</i></b>	Tierra de potencial para el regulador Buck 2. GND, PG1, PG2 y PG3 deben conectarse externamente.
<b>36</b>	<b><i>EN2</i></b>	Habilita la entrada para el regulador de Buck 2. Fijar un nivel alto para habilitar.
<b>37</b>	<b><i>EN6</i></b>	Habilita la entrada para el regulador de Buck 6. Fijar un nivel alto para habilitar.
<b>38</b>	<b><i>EN7</i></b>	Habilita la entrada para el regulador de Buck 7. Fijar un nivel alto para habilitar.
<b>39</b>	<b><i>LX3</i></b>	Regulador Boost 3 . Nodo de conexión del inductor. Conecte un inductor de LX3 a SYS_.
~ 43 ~		

<b>40</b>	<b><i>PG3</i></b>	Tierra de potencial para el regulador de refuerzo 3. GND, PG1, PG2 y PG3 deben conectarse externamente.
<b>41</b>	<b><i>OUT6</i></b>	Salida del regulador lineal 6. Proporciona hasta 300mA a una tensión de salida determinada por SL1 y SL2. Conecte un condensador cerámico de 2.2µF de OUT6 a GND. Aumente el valor a 4,7µF si VOUT6 <1,5V.
<b>42</b>	<b><i>IN67</i></b>	Suministro de entrada para reguladores lineales 6 y 7. Conecte IN67 a una tensión de alimentación de 1,7 V a VSYS. Conecte al menos un condensador de cerámica de 1µF de IN67 a GND.
<b>43</b>	<b><i>OUT7</i></b>	Salida del regulador lineal 7. Proporciona hasta 150mA a una tensión de salida determinada por SL1 y SL2. Conecte un condensador cerámico de 1µF de OUT7 a GND. Aumentar el valor a 2.2µF si VOUT7 <1.5V.
<b>44</b>	<b><i>VL</i></b>	Limitador de entrada y fuente de lógica del cargador. Proporciona 3.3V cuando hay una tensión de entrada válida en DC. Conecte un condensador de 0,1µF de VL a GND. VL es capaz de proporcionar hasta 10mA a una carga externa cuando DC es válida.
<b>45,46</b>	<b><i>SL1, SL2</i></b>	Selección de voltaje de salida para entradas 1 y 2 de los reguladores lineales. Deje desconectado, o conecte a GND o SYS para establecer a uno de tres estados. SL1 y SL2 ajustan la tensión de salida de OUT4, OUT5, OUT6 y OUT7 a una de nueve combinaciones.
<b>47</b>	<b><i>PSET</i></b>	Habilita la entrada de limite de corriente de entrada. Conecte una resistencia (RPSET) de PSET a tierra para programar el límite de corriente de entrada de CC de 500mA a 2A.
<b>48</b>	<b><i>POK</i></b>	Nos dice que la salida de potencia está funcionando. POK es una salida nMOS de drenaje abierto que pasa a nivel bajo cuando una entrada válida se detecta en DC. Esta salida no se ve afectada por los estados de PEN1, PEN2 o CEN.
<b>~ 44 ~</b>		

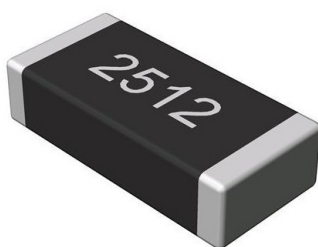
---	---	Conecte la placa expuesta a tierra. La conexión de la paleta expuesta a tierra no elimina el requisito de conexiones de tierra apropiadas a GND, PG1, PG2 y PG3. La placa expuesta está unida con epoxi al sustrato de la matriz, lo que lo convierte en un excelente camino para eliminar el calor del CI.
-----	-----	---

**Tabla 5 : Descripción de pines MAX 8662.**

### 2.3.8. CIRCUITO 8 Circuito de protección de las puertas lógicas .

#### 1. Resistencia SMD [ 11 ].

El " *CIRCUITO 8* " es un circuito de protección de las puertas lógicas, este circuito esta compuesto por resistencias y un diodo zener. Cuando se habla de protección de las puertas lógicas, se refiere a que las fuentes de energía aportan una corriente muy elevada para las puertas lógicas, ya que estas trabajan con corriente del orden de microamperios, por lo tanto es necesario incorporar dos resistencias y un diodo zener que tengan la función de protección. La resistencia tiene la función de atenuar la corriente que circula por la rama y el diodo zener tiene la función de fijar un nivel de tensión, en este caso serán 3.3 voltios. A continuación se comentarán estos dispositivos. Las resistencias son conductores que presentan una oposición al paso de la corriente eléctrica, se enseña en la Figura 39 una imagen de resistencia :

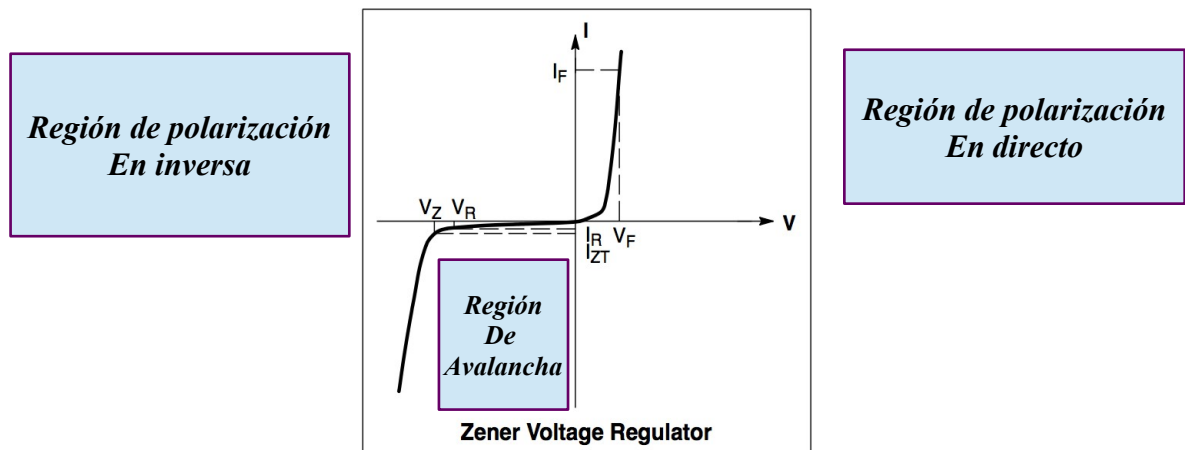


**Figura 39 : Resistencia SMD.**

#### 2. Diodo zener [ 12 ].

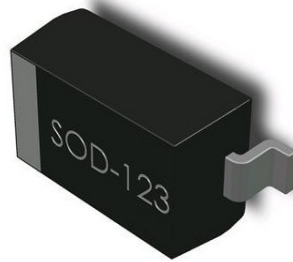
El diodo zener es también de tecnología SMD, y tiene la función principal de fijar un nivel de tensión. Estos diodos de silicio están fuertemente dopados y han sido construido de tal forma que operan en zona inversa. Si al diodo se le aplica una tensión eléctrica positiva en el ánodo y negativa en el cátodo, este se comporta como un diodo semiconductor convencional, pero en el proyecto este dispositivo se utiliza como regulador de tensión, por lo tanto debe de estar polarizado en inversa y para ello es necesario tener una tensión eléctrica positiva en el cátodo y negativa en el ánodo.

Es importante conocer el funcionamiento del diodo zener para poder realizar un buen diseño del sistema. Cuando se polariza el dispositivo y llegamos a la tensión zener, el diodo empieza a conducir y actúa como se ha dicho anteriormente, de regulador de tensión, la corriente que atraviesa el diodo zener cuando éste está polarizado en inversa es conocida como corriente de inversa. A continuación en la Figura 40 se muestra la gráfica del funcionamiento del diodo zener :



**Figura 40 : Gráfica diodo zener.**

En el proyecto, este dispositivo se polariza en inversa, consiguiendo fijar una tensión de 3.3 voltios entre sus bornes, por lo tanto se utiliza como regulador de tensión. Estos dispositivos son capaces de fijar tensión sin grandes variaciones a pesar de poder aparecer cargas variables o variaciones en la temperatura. Mas adelante se tratará la función principal del diodo zener dentro del sistema, y se hablará de su configuración. Se enseña en la Figura 41 el diodo zener SMD.



**Figura 41 : Diodo zener SMD.**

Esta serie de diodos zener que se utilizan en el proyecto, tiene un encapsulado SOD 323 que tiene una disipación de potencia máxima de 300 mW. Están diseñados para proporcionar protección de regulación de voltaje y son especialmente atractivos en situaciones donde el espacio es una premisa. Son adecuados para muchas aplicaciones, por ejemplo teléfonos móviles, portátiles y tarjetas de PC.

Las características básicas del componente son :

- Rango de tensión de ruptura estándar de - 2.4 voltios a 75 voltios.
- Potencial nominal de operación de 300 mW.
- Pequeño en dimensiones
- Peso ligero
- Pensado para aplicaciones automotrices y otras aplicaciones.

Los valores máximos de operación del diodo zener se especifican en la siguiente Tabla 6 :

MAXIMUM RATINGS			
Rating	Symbol	Max	Unit
Total Device Dissipation FR-4 Board, (Note 1) @ $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ Derate above $25^{\circ}\text{C}$	$P_D$	300 2.4	mW mW/ $^{\circ}\text{C}$
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	416	$^{\circ}\text{C/W}$
Junction and Storage Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$

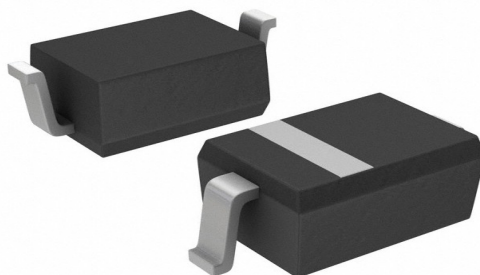
*Tabla 6 : Valores de operación del componente diodo zener.*

Todos los esfuerzos que superen los límites establecidos en la Tabla 6 pueden dañar el componente, llegando a quemarse o a dejar de funcionar como se espera. Si se supera cualquiera de estos límites, no se debe asumir la funcionalidad del dispositivo, se pueden producir daños y la fiabilidad puede verse afectada.

### 2.3.9. CIRCUITO 9 Circuito de alimentación de las puertas lógicas.

#### 1. Diodo semiconductor [ 13 ].

Este circuito tiene el objeto de alimentar todas las puertas lógicas del sistema, además de esa función principal tiene una segunda función de suma importancia, el hacer que la corriente de las fuentes de energía no retorne en dirección incorrecta hacia las demás fuentes de energía, más adelante durante el proyecto se hablará de dicho circuito. El diodo semiconductor es un dispositivo electrónico que tiene la función de hacer circular la corriente en un único sentido. Este componente puede estar en dos zonas distintas de funcionamiento, o bien en conducción o bien en zona de corte, dependiendo si la corriente entra por el ánodo o por el contrario, entra por el cátodo. En el proyecto, este componente se polariza en directo y tiene una tensión de caída máxima de 0.80 voltios. El diodo semiconductor se muestra en la Figura 42 :



*Figura 42 : Diodo semiconductor SMD.*

Las características del diodo semiconductor son :

- Encapsulado de bajo perfil.
- Ideal para colocación automatizada.
- Baja caída de tensión en directo.
- Baja pérdida de potencia.



- Baja corriente de fuga.
- Soldadura por ola y reflujo.

Las aplicaciones típicas de uso del dispositivo son :

- Convertidores de alta frecuencia, Convertidores DC / DC , Protección de polaridad en aplicaciones comerciales, industriales y automotrices.

Se muestra ahora los valores máximos de operación del componente :

<b>MAXIMUM RATINGS</b> ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)			
PARAMETER	SYMBOL	SS1FH10	UNIT
Device marking code		110	
Maximum repetitive peak reverse voltage	$V_{RRM}$	100	V
Maximum average forward rectified current (fig. 1)	$I_{F(AV)}^{(1)}$	1.0	A
Non-repetitive peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave at $T_{J(\text{init})} = 25^\circ\text{C}$	$I_{FSM}$	40	A
Operating junction and storage temperature range	$T_J, T_{STG}$	-55 to +175	$^\circ\text{C}$

*Tabla 7 : Valores máximos de operación diodo semiconductor.*

### **2.3.10. CIRCUITO 10, CIRCUITO 11, CIRCUITO 12, CIRCUITO 13, CIRCUITO 14, CIRCUITO 15.**

#### **1. Puertas Lógicas LVCMOS[ 14 ].**

Se hablará de la importancia que tienen las puertas lógicas en el proyecto, son las encargadas de manejar y controlar los multiplexores. Las puertas lógicas son las encargadas de generar las señales de control para los multiplexores, son circuitos de selección. Además de tener la función de controlar los multiplexores, tienen la función de generar las señales de control para el componente de Power Management , las señales que se generar avisan a este dispositivo y le hace saber cuál de las entradas activas espera a su entrada, más adelante se hablarán de estos detalles.

Existen seis circuitos de selección ; cuatro de ellos son para selección de multiplexores y los otros dos restantes son para la previsión de entrada de energía que necesita saber el dispositivo de gestión de energía.

En todos estos circuitos se ha utilizado un componente básico que son las puertas lógicas. Estas puertas son puertas de tecnología CMOS y más concretamente de LVCMOS, es una tecnología de muy bajo consumo. Son dispositivos electrónicos cuya función es realizar una operación booleana. Están implementados en circuitos integrados. La tecnología de hoy en día, utiliza transistores para realizar estas conmutaciones. En el proyecto se han utilizado transistores CMOS y más concretamente de la familia LVC con voltaje de alimentación bajo (3.3 V) y muy bajo consumo. A continuación se muestran las principales características de las puertas LVCMOS:

Las principales características de las puertas lógicas LVCMOS son :

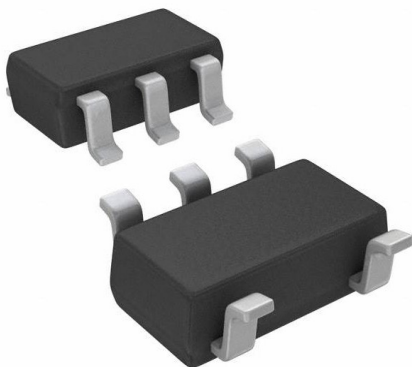
- Soportan tensiones de alimentación de 5 voltios.
- En las entradas aceptan tensiones de hasta 5.5 voltios.
- Bajo consumo de energía , 10 microamperios la corriente de alimentación.
- Tiempo de propagación de 3.6 nanosegundos a 3.3 voltios.
- Fan Out de  $\pm 24$  mA a 3.3 V.
- Modo de desconexión parcial y protección de la unidad trasera.

- Rendimiento de cierre superior a 100 miliamperios

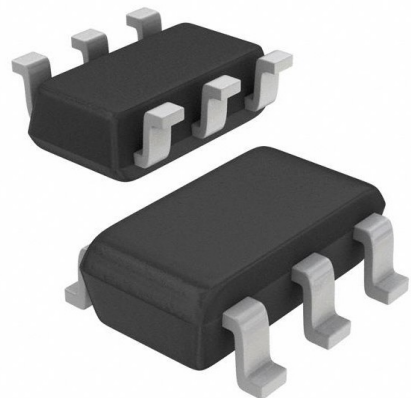
Aplicaciones principales del componente :

- Monitoreo de presión arterial.
- Maquina CPAP.
- Redes Ópticas.
- Transmisor de campo ; sensor de temperatura o presión.
- Calefacción, ventilación y aire acondicionado.
- Almacenamiento conectado a la red.
- Rayos X ; escaner médico y dental.
- Receptores AV.
- Radio Digital.
- Sistemas comunicaciones video.
- Televisión de alta definición.
- Cámaras de video.
- PC's
- Libros electrónicos.
- Conmutadores Ethernet.
- Smartphones.
- Adquisición y generación de datos de alta velocidad.
- Módems de comunicación.

Existen infinidad de encapsulados, de circuito integrados, pero en el proyecto se han utilizado tres encapsulados diferentes para distintas puertas lógicas, se ha utilizado el encapsulado SOT 23 - 5, el encapsulado SOT 23 - 6 y el encapsulado TSSOP 14.



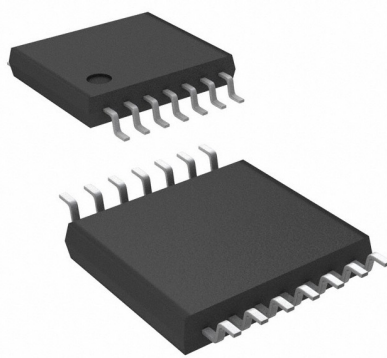
**Figura 43 : Encapsulado SOT 23-5.**



**Figura 44 : Encapsulado SOT 23 -6.**

En el proyecto las puertas lógicas con sus encapsulados se clasifican de la siguiente manera :

- SOT 23 - 5 : Puertas AND de dos entradas y una única salida, Puertas OR de dos entradas y una única salida, Puertas XOR de dos entradas y una única salida. Este encapsulado tiene 5 pines
- SOT 23 - 6 : Puertas OR de tres entradas y una única salida, Puertas AND de tres entradas y una única salida. Este encapsulado tiene 6 pines.
- TSSOP 14 : Puertas AND de 2 entradas con una única salida, el mismo encapsulado integra cuatro puertas de dos entradas cada una. Además existen Puertas NOT de una entrada y una única salida. El mismo encapsulado integra seis puertas. Ahora se muestra el encapsulado TSSOP 14. Este encapsulado tiene 14 pines.



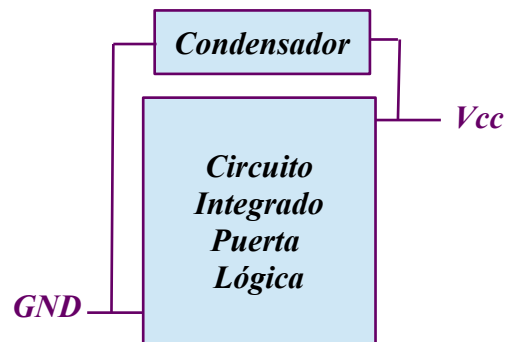
*Figura 45 : Encapsulado TSSOP 14.*

## **2. Condensadores de Desacoplo [ 15 ]:**

Los condensadores de desacoplo en los circuitos integrados comentados anteriormente tiene una función muy importante, es un componente que tiene el objetivo principal de evitar que ruidos, radiaciones electromagnéticas o cualquier otro tipo de señal se " cuele " en el dispositivo, se añada a la información y pueda causar cambios en la función del componente inesperados. Por lo tanto, los condensadores de desacoplo proporcionan a la corriente de alta frecuencia un camino de baja impedancia. De modo que aseguran una baja impedancia de corriente alterna entre la fuente y tierra. Se encargan también de minimizar el ruido generado por la conmutación de las salidas del circuito integrado, y evitan que se produzcan emisiones radiadas. En el proyecto se han utilizado condensadores de desacoplo de 100 nanofaradios, es un valor muy utilizado y sirve para el sistema ya que se trabaja por debajo de los 40 Megahercios, si por el contrario el diseñador configura un sistema donde la frecuencia de trabajo está por encima de dicho valor, hay que considerar otros muchos factores que influyen y se debe estudiar más en profundidad.

Así pues, es necesario conectar un condensador de desacoplo entre la alimentación Vcc y la masa del circuito integrado, en el proyecto se instalarán por cada circuito integrado un condensador de desacoplo de valor 100 nanofaradios. A la hora de diseñar y situar el condensador, se debe conectar con pistas lo más cortas posibles para mantener su frecuencia de resonancia lo más alta posible. La frecuencia de resonancia es un factor importante de los condensadores convencionales, a partir de la frecuencia de resonancia , el condensador deja de comportarse como dicho y se comporta como una inductancia, por lo tanto nunca se debe rebasar la frecuencia de resonancia marcada por el condensador. La inductancia se vuelve importante. En la frecuencia de resonancia, la efectividad del desacoplo es máxima. Es importante también colocar el condensador de desacoplo lo más cerca posible al circuito integrado, el objetivo principal es minimizar el área del circuito recorrido por la corriente de ruido, disminuyendo así la inductancia parásita.

En la siguiente Figura 46 se muestra la colocación del condensador de desacoplo, en todas las puertas lógicas se colocará un condensador :



*Figura 46 : Colocación condensador de desacoplo.*

## ***Capítulo 3***

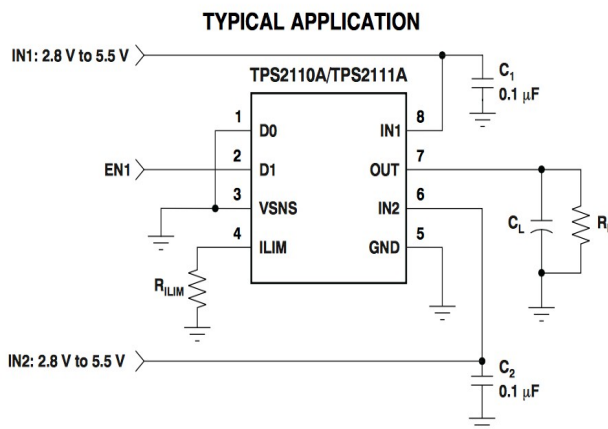
### ***Configuración del sistema***

#### **3.1. Introducción al capítulo.**

En este capítulo se tratará de estudiar la configuración del sistema, analizando las corrientes, tensiones y el funcionamiento de cada dispositivo. Se configurará los multiplexores de potencia, se estudiará en profundidad el Kit de Evaluación MAX 8662 , con su correspondiente configuración dentro del sistema. Por último se estudiará los circuito de protección de las puertas lógicas y de alimentación de las mismas.

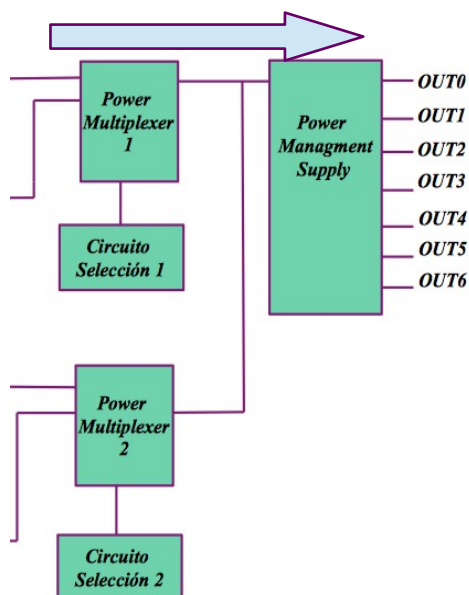
### 3.2. Configuración del Multiplexor de Potencia TPS 2111 A :

A continuación, se realizará la configuración que se ha elegido para el proyecto para el multiplexor de potencia. En este apartado se detallarán la funcionalidades exactas del dispositivo y se detallará la funcionalidad de cada terminal. Se configurarán entradas, salidas y señales de control. Se muestra en la Figura 47, el circuito típico de aplicación de este multiplexor de potencia:

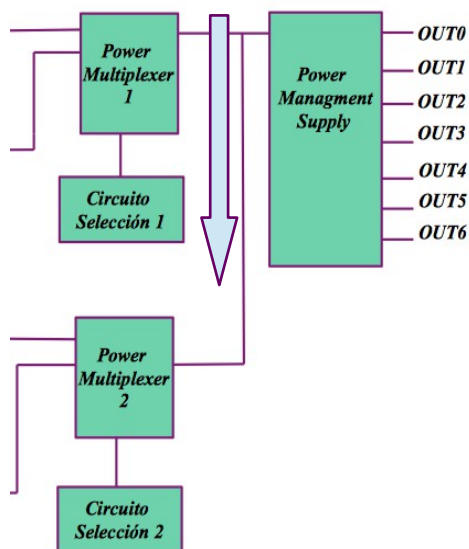


*Figura 47 : Circuito típico de aplicación del multiplexor de potencia.*

Este circuito típico de aplicación es el que se va a utilizar en el proyecto, cada multiplexor tendrá dos entradas de energía y una única salida. El primer multiplexor tendrá las dos primeras fuentes de energía, la red eléctrica y el puerto USB 2.0. Y el segundo multiplexor tendrá las otras dos fuentes de alimentación correspondientes, el mini aerogenerador y la placa fotovoltaica. La salida de ambos multiplexores de potencia confluyen en un mismo nodo, esto es peligroso, ya que hay que tener un control y evitar que la corriente que fluya hacia el multiplexor incorrecto. Es decir el diseñador debe ser capaz de impedir que la corriente fluya en sentido de retorno hacia el segundo multiplexor, para ello debe configurar consiguiendo que este quede en circuito abierto. Cuando tenemos seleccionado una fuente de alimentación, por ejemplo, tenemos la red eléctrica conectada, fuente de alimentación número 1, tenemos que conseguir que el segundo multiplexor quede en Circuito Abierto, esto es en Alta Impedancia, para evitar que la corriente fluya por su terminal de salida y conseguir que esta fluya hacia la salida. A continuación se muestra de forma gráfica el sentido que debe tener la corriente.



*Figura 48 : Sentido correcto de la corriente .*



*Figura 49: Sentido incorrecto de la corriente.*

Cuando la situación anterior ocurra, se debe conseguir en las señales de control del segundo multiplexor tengan niveles altos en ambos terminales, es decir, en el terminal D0 y D1 a " 1 ", así podemos conseguir que la corriente de la Fuente 1 fluya hacia la salida y no retorne hacia el segundo multiplexor. Se mostrará una Figura para poderlo apreciar gráficamente. Las tres señales de control vienen dadas por los terminales 1, 2, 3, es decir D0, D1 y VSNS. Para poder interpretar bien la funcionalidad de estos terminales se debe acudir a la siguiente tabla de verdad:

En la siguiente Tabla 8, como se ha mencionado anteriormente se muestra la tabla de verdad que rige el comportamiento del multiplexor de potencia. Se enseña también el comportamiento de las señales de control. En función de qué nivel de tensión se tenga en el terminal D0, D1 y VSNS, la señal de salida que se activará será una u otra. En el proyecto se ha fijado una tensión de Vcc en el terminal 3 ( VSNS ) en los dos multiplexores para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Cuando en D1 tenemos un nivel alto y en D0 un nivel bajo, en la salida aparecerá la entrada IN1, independiente del nivel de tensión que tengan ambas entradas del dispositivo. Para seleccionar la entrada IN2, el terminal D0 tendrá un nivel bajo y el terminal D1 un nivel bajo también. En la última fila de la Tabla 8, cuando D1 tiene un nivel alto y D0 tiene un nivel alto también, el dispositivo se queda en circuito abierto, alta impedancia. No tiene ningún efecto sobre el sistema.

#### DEVICE INFORMATION

##### TRUTH TABLE

D1	D0	$V_{I(VSNS)} > 0.8 \text{ V}^{(1)}$	$V_{I(IN2)} > V_{I(IN1)}$	OUT <sup>(2)</sup>
0	0	X	X	IN2
0	1	Yes	X	IN1
0	1	No	No	IN1
0	1	No	Yes	IN2
1	0	X	X	IN1
1	1	X	X	Hi-Z

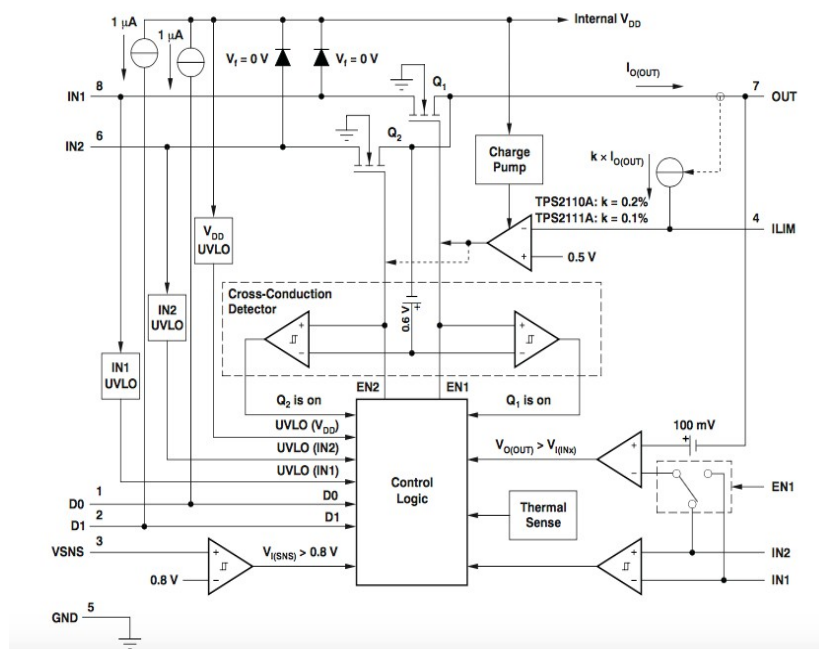
(1) X = Don't care.

(2) The undervoltage lockout circuit causes the output to go Hi-Z if the selected power supply does not exceed the IN1/IN2 UVLO, or if neither of the supplies exceeds the internal V<sub>DD</sub> UVLO.

**Tabla 8 : Tabla de verdad del multiplexor de potencia.**

Así pues se muestra en la Figura 50 la configuración interna del multiplexor de potencia :

##### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



**Figura 50 : Esquema eléctrico interno del multiplexor de potencia TPS 2111A de Texas Instruments.**

Mediante un control lógico controlado por las señales D0, D1 y VSNS, el multiplexor tendrá la función de activar los transistores de paso del canal 1 de entrada o del canal 2 de entrada.

El transistor de paso se trata de un transistor NMOS , cuando la tensión VGS del dispositivo es mayor que una tensión umbral dictada por el fabricante, éste pasa a zona de activa o saturación, la corriente no se interrumpe y deja pasar la corriente hacia la salida. En principio, el transistor está en corte, es decir en circuito abierto, hasta que las señales de control ordenen el paso a activa y deje pasar la corriente hacia la salida.

En el siguiente punto se estudiará el comportamiento de los dos multiplexores, el funcionamiento del sistema debe ser preciso y no comprometer a los componentes bajo ningún estrés, por lo tanto en la siguiente Figura 27 se muestra una tabla de verdad de los dos multiplexores en función de la activación de la fuente de energía. Como existen cuatro fuentes de energía , habrá dieciséis combinaciones posibles, al hacer esta tabla se tuvo en cuenta la prioridad de las fuentes basándose en la estabilidad de la fuente, es decir que la primera fuente que tendrá prioridad sobre las demás será la red eléctrica puesto que es la más estable de las cuatro.

Se ha decidido tomar esta prioridad con orden de mayor a menor :

- Fuente 1 : Red eléctrica.
- Fuente 2 : Puerto USB 2.0.
- Fuente 3 : Placa fotovoltaica.
- Fuente 4 : Mini aerogenerador.

Se ha considerado que la fuente más prioritaria sea la red eléctrica por tener mayor estabilidad y mayor continuidad. La segunda con mayor prioridad sea el puerto USB 2.0 , la tercera la placa fotovoltaica ya que frente a la fuente del mini aerogenerador tiene mayor estabilidad.

Fuentes de entrada de energía				Multiplexor UP			Multiplexor DOWN		
Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	Fuente 4	D1 MX0	D0 MX0	VSNS0	D1 MX1	D0 MX0	VSNS 1
0	0	0	0	0	0	X	0	0	X
0	0	0	1	1	1	Vcc	0	0	Vcc
0	0	1	0	1	1	Vcc	1	0	Vcc
0	0	1	1	1	1	Vcc	1	0	Vcc
0	1	0	0	0	0	Vcc	1	1	Vcc
0	1	0	1	0	0	Vcc	1	1	Vcc
0	1	1	0	0	0	Vcc	1	1	Vcc
0	1	1	1	0	0	Vcc	1	1	Vcc
1	0	0	0	1	0	Vcc	1	1	Vcc
1	0	0	1	1	0	Vcc	1	1	Vcc
1	0	1	0	1	0	Vcc	1	1	Vcc
1	0	1	1	1	0	Vcc	1	1	Vcc
1	1	0	0	1	0	Vcc	1	1	Vcc
1	1	1	0	1	0	Vcc	1	1	Vcc
1	1	1	1	1	0	Vcc	1	1	Vcc

**Tabla 9 : Tabla de funcionamiento de ambos multiplexores de potencia.**

Una vez realizada la tabla de verdad anterior que tiene la función de aplicar prioridades a las fuentes de energía y en consecuencia a los multiplexores de potencia, se debe mencionar el comportamiento " Automático " del sistema, quiere decir que el sistema de forma automática da prioridades a las fuentes de energía y aplica lo descrito en la tabla de verdad, fijando a la salida la fuente de mayor prioridad .Este es un punto muy importante dentro del proyecto, ya que es de gran importancia el hecho de tener un sistema lo más automático posible.

En la Tabla 9 se detalla esto último, quiere decir que si dos o más fuentes del sistema están activas, el sistema tiene la capacidad de dar prioridad a una de ellas y debe tener la capacidad de ser automático. La prioridad de activación de cada fuente se basa principalmente en la corriente que suministra cada fuente, a mayor corriente mayor prioridad de selección. Y en segunda instancia, la estabilidad de cada fuente, por ejemplo, el mini aerogenerador es el menos estable de las cuatro fuentes, ya que la corriente que genera es muy inestable y depende fuertemente del viento.

Aún así el mini aerogenerador genera muy poca corriente en comparación con las demás fuentes de energía, suministra una corriente máxima de 100 miliamperios a 2000 rpm.

La prioridad de las fuentes es un aspecto muy importante a tener en cuenta, ya que esto depende de forma directa del tiempo de carga de nuestra batería. A mayor corriente de la fuente de energía, mayor estabilidad, y menor será el tiempo de carga de la batería, interesa tiempos cortos de carga.

- **Limitaciones del multiplexor de potencia, corriente y tensiones en todos sus terminales.**

El funcionamiento del sistema es el siguiente; el transistor de paso que contiene internamente el multiplexor de potencia tiene el objetivo de dejar pasar la corriente o no, a fin de cuentas es un conmutador, existen dos conmutadores internos por cada multiplexor de potencia. A priori, el transistor interno de paso está en circuito abierto hasta que las señales de control oportunas indiquen el paso a conducción. El transistor de paso está preparado para soportar corrientes por encima de un amperio, en el proyecto se trabajará con corrientes de un amperio por lo tanto no se sobrepasará el límite indicado. Además el multiplexor tiene un control interno para manejar las señales de control y poder seleccionar una u otra entrada.

La corriente de entrada máxima permitida la establecerá  $R_{ILIM}$  que tendrá un valor de 400 ohmios como se observa en la Figura 51 :

CURRENT LIMIT CIRCUIT						
Current limit accuracy	TPS2110A	$R_{ILIM} = 400 \Omega$	0.51	0.63	0.80	A
		$R_{ILIM} = 700 \Omega$	0.30	0.36	0.50	
	TPS2111A	$R_{ILIM} = 400 \Omega$	0.95	1.25	1.56	A
		$R_{ILIM} = 700 \Omega$	0.47	0.71	0.99	

**Figura 51 : Corriente máxima de entrada al multiplexor de potencia.**

Según la hoja de características del fabricante, el dispositivo TPS2111A, al configurarlo con una resistencia de 400 ohmios, la corriente de entrada de IN1 e IN2, queda limitada a un valor típico de 1.25 amperios. El sistema del proyecto en ningún caso va a sobrepasar dicha corriente, por lo tanto es un sistema seguro y fiable.

$$I_{lim} = 500 / R_{lim} = 500 / 400 = 1,25 A$$

**Figura 52 : Fórmula límite de corriente valor típico.**

La limitación en tensión a la entrada del multiplexor viene dada también por la hoja de características del fabricante, ninguna de las fuentes de entrada del sistema debe rebasar la tensión de 5.5 voltios, de hecho ninguna de las entradas sobrepasa este valor, todas las entradas tienen un valor de tensión de 5 voltios.



Además en las entradas de las señales de control del sistema, nunca se debe rebasar el valor de 5.5 voltios, en el proyecto, se ha asegurado que la salida de los circuitos de selección de los multiplexores nunca rebasen dicho valor, de hecho el valor a nivel alto de salida de dichos circuitos no será mayor de 3.3 voltios. En la Figura 53 se muestra el límite de tensión de las entradas del multiplexor :

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS		TPS2110A, TPS2111A			UNIT
		MIN	NOM	MAX	
Input voltage at IN1, $V_{I(IN1)}$	$V_{I(IN2)} \geq 2.8\text{ V}$	1.5		5.5	V
	$V_{I(IN2)} < 2.8\text{ V}$	2.8		5.5	
Input voltage at IN2, $V_{I(IN2)}$	$V_{I(IN1)} \geq 2.8\text{ V}$	1.5		5.5	V
	$V_{I(IN1)} < 2.8\text{ V}$	2.8		5.5	
Input voltage: $V_{I(DO)}$ , $V_{I(D1)}$ , $V_{I(VSNS)}$		0		5.5	V
Current limit adjustment range, $I_{O(OUT)}$	TPS2110A	0.31		0.75	A
	TPS2111A	0.63		1.25	
Operating virtual junction temperature, $T_J$		-40		125	°C

Figura 53 : Límite de tensión en las entradas del multiplexor.

### 3.3. Configuración del gestor de energía Kit Evaluation MAX 8662 [ 16 ].

Se observa que el sistema tiene una sola entrada DC Power Supply, en corriente continua , ambas salidas del multiplexor van conectadas mediante un nudo eléctrico a la entrada del sistema de gestión de energía MAX 8662.

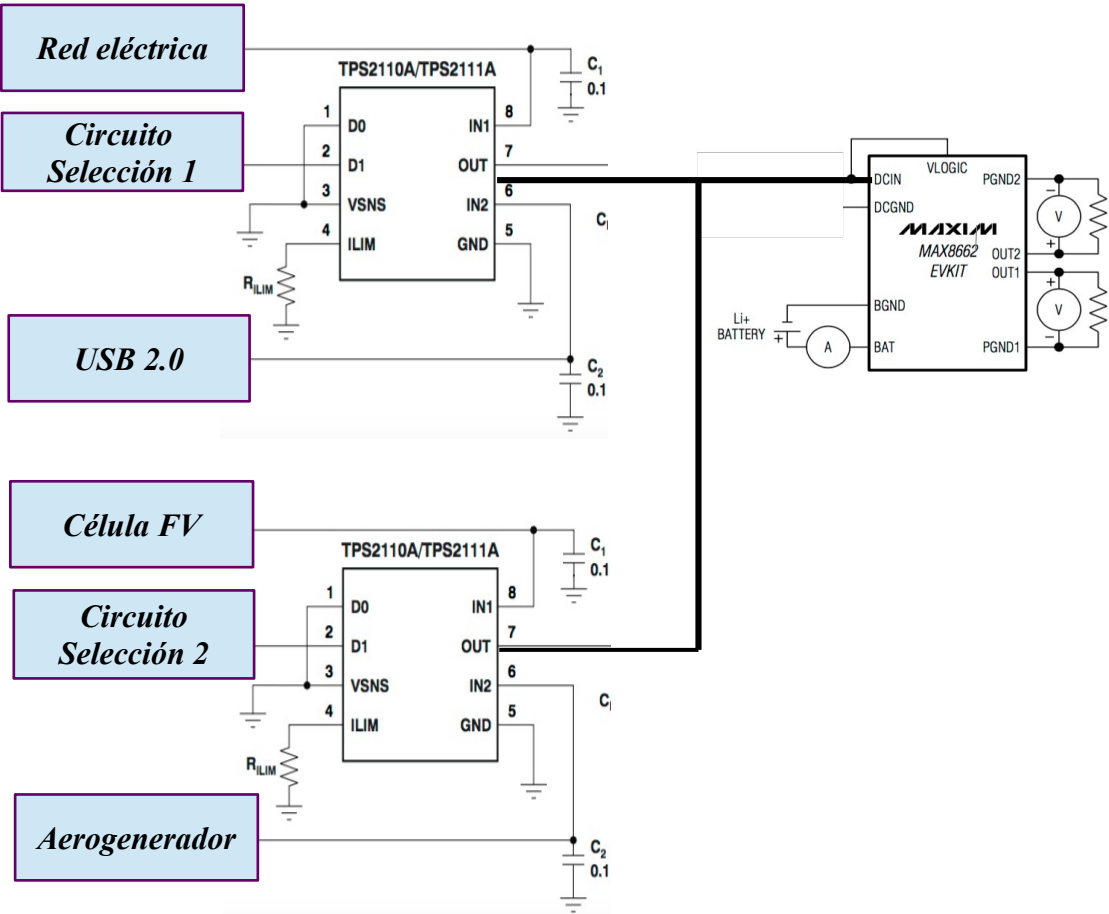


Figura 54 : Conexión eléctrica del sistema.

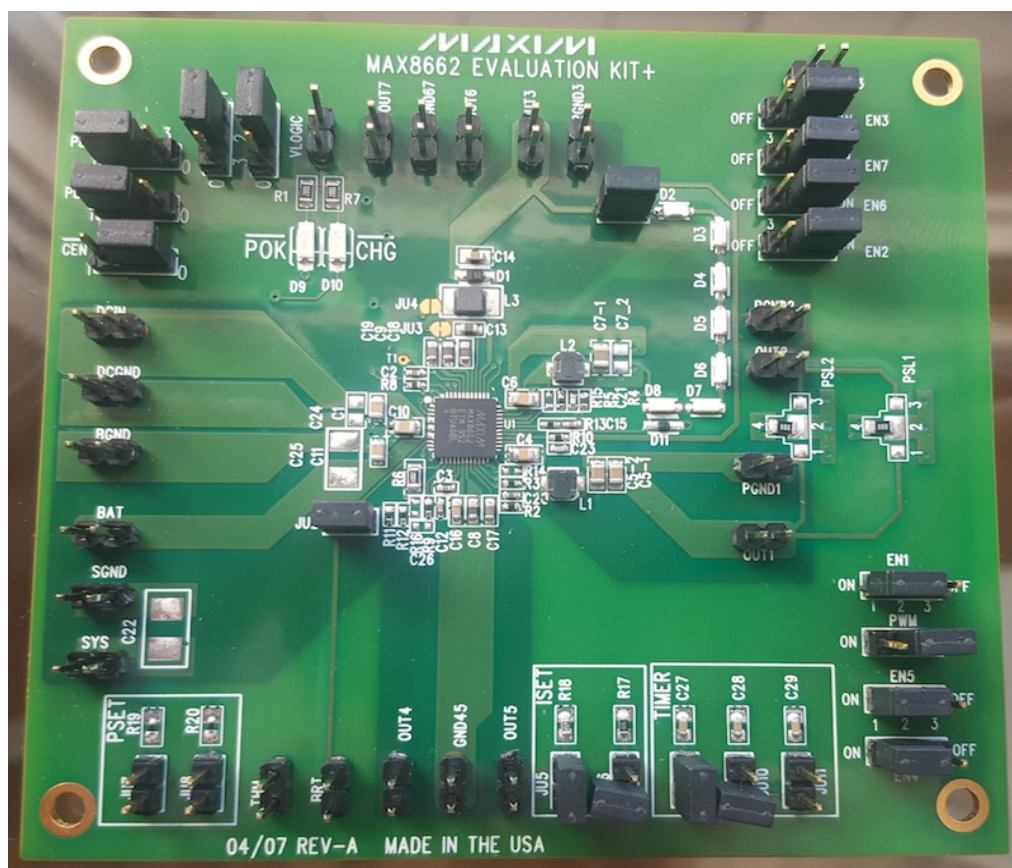
El kit de evaluación de este dispositivo es una placa PCB impresa totalmente ensamblada y probada que evalúa la gestión de potencia. El MAX 8662 integra dos reguladores síncronos rectificadores, un regulador escalonado que conduce de dos a siete LEDs blancos, cuatro reguladores lineales de baja caída y un cargador lineal para una batería de Litio ion de una sola célula Li +. El Smart Power Selector (SPS) de Maxim distribuye de forma segura la alimentación entre una fuente de alimentación externa, la batería de litio y la carga del sistema.

Los PMIC altamente integrados MAX8662 / MAX8663 están diseñados para su uso en teléfonos celulares inteligentes, PDA, dispositivos de Internet y otros dispositivos portátiles. Integran dos reguladores síncronos de buck, un regulador de impulso que impulsa de dos a siete LEDs blancos (sólo MAX8662), cuatro reguladores lineales de baja caída (LDO) y un cargador lineal para una batería Li + de una sola célula. La figura 1 es el diagrama de bloques y el circuito de aplicación.

La circuitería SPS ofrece una distribución de energía flexible entre un adaptador de CA o fuente USB, batería y carga del sistema, y aprovecha al máximo la energía disponible desde la entrada del adaptador de CA / USB. La batería está cargada con cualquier energía disponible que no utilice la carga del sistema. Si un pico de carga del sistema supera el límite actual, la corriente suplementaria se toma de la batería.

La limitación térmica evita el sobrecalentamiento al reducir la potencia extraída de la fuente de entrada. Dos convertidores DC-DC escalonados logran una excelente eficiencia de carga de luz y tienen circuitos de arranque suave incorporados; La frecuencia de conmutación de 1MHz permite pequeños componentes externos. Cuatro reguladores lineales LDO cuentan con baja corriente de reposo y funcionan desde entradas de hasta 1.7V. Esto permite que los LDOs operen desde la tensión de salida decreciente para mejorar la eficiencia. El controlador de LED blanco cuenta con fácil ajuste de brillo LED y la protección de sobrevoltaje de LED abierto. Un cargador Li + de 1 celda tiene una corriente de carga programable de hasta 1,25 A y un temporizador de carga.

En la siguiente Figura 55 se muestra la PCB con sus conectores y componentes para poder ser configurado en el siguiente apartado :



**Figura 55 : Vista real del dispositivo MAX 8662 Evaluation Kit.**

En la siguiente Figura 56 se muestra un esquema para poder apreciar los conectores mejor :

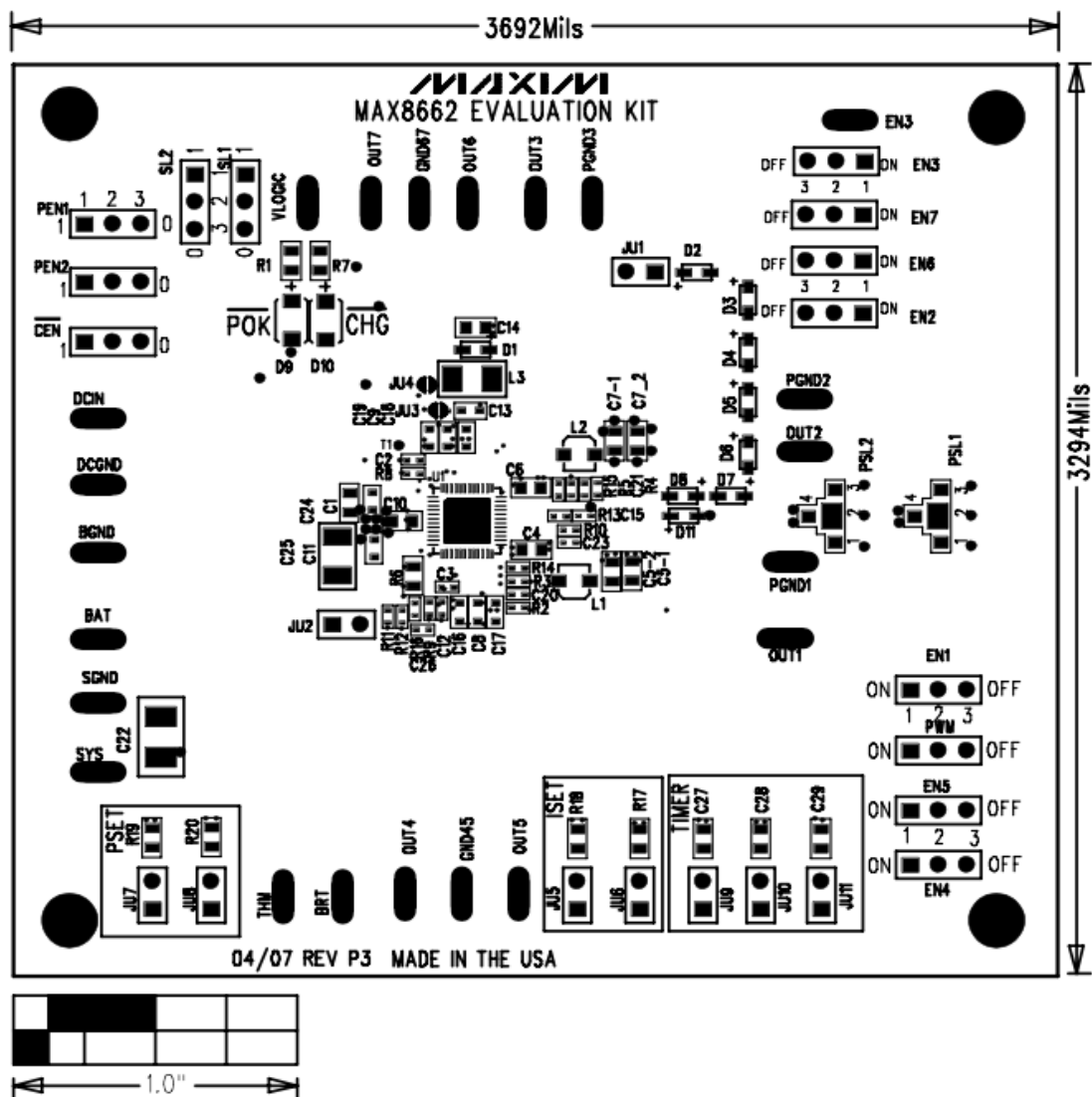


Figura 56 : Kit de evaluación MAX 8662 de Maxim Integrated Component Placement.

En el segundo punto del capítulo se debe asegurar el correcto funcionamiento del dispositivo ; para ello se realizarán una serie de configuraciones previas :

- **Habilitar todas las salidas del sistema :**

Por defecto el fabricante nos da una tabla donde nos muestra qué posición deben tener los conectores para poder habilitar todas las salidas del sistema, desde el conector EN1 hasta el conector EN7 deben estar todos los conectores en posición 1- 2 , en la siguiente Tabla 10 se muestra :

**Table 1. Jumper Functions**

JUMPER	POSITION		
	1-2	2-3	OPEN
EN1	Enable OUT1*	Disable OUT1	Drive EN1 with an external source
EN2	Enable OUT2*	Disable OUT2	Drive EN2 with an external source
EN3	Enable OUT3*	Disable OUT3	Drive EN3 with an external source
EN4	Enable OUT4*	Disable OUT4	Drive EN4 with an external source
EN5	Enable OUT5*	Disable OUT5	Drive EN5 with an external source
EN6	Enable OUT6*	Disable OUT6	Drive EN6 with an external source
EN7	Enable OUT7*	Disable OUT7	Drive EN7 with an external source

\*Default position.

**Tabla 10 : Configuración de los conectores para habilitar todas las salidas.**

La Tabla 11 muestra el valor de las corrientes y tensiones que tienen por defecto las salidas del dispositivo :

**Table 2. Default EV Kit Output Voltages and Maximum Currents**

OUTPUT	VOLTAGE (V)	MAXIMUM CURRENT (mA)
OUT1	3.3	1200
OUT2	1.3	900
OUT4	3.3	500
OUT5	3.3	150
OUT6	3.3	300
OUT7	3.3	150

**Tabla 11 : Valor de tensiones y corrientes por defecto del dispositivo MAX 8662.**

Como se puede ver en la Figura 37 , el fabricante ofrece por defecto un rango variado de tensiones y corrientes. Hoy en día los dispositivos tienen una orientación de bajo consumo, cada vez se utilizan dispositivos que necesitan corrientes muy reducidas y tensiones bajas. La tensión con la que trabajan la mayoría de los dispositivos de bajo consumo es de 3,3 voltios, existen microprocesadores que trabajan con este valor de tensión.

- **Uso del Smart Power Selector ( SPS ) .**

El Smart Power Selector distribuye la energía entre la entrada externa, la batería y la carga del sistema. Las funciones principales son :

I) Con la fuente de alimentación externa y la batería conectada :

I.I ) Cuando los requisitos de carga del sistema exceden la capacidad de entrada de energía externa, la batería suministra corriente suplementaria a la carga.

I.II) Cuando los requisitos de carga del sistema son menores que la capacidad de la entrada de energía externa, la batería se carga con energía de la entrada.

II ) Cuando la batería está conectada y no hay entrada de alimentación externa, es decir ninguna de las fuentes del sistema aporta energía, el sistema se alimenta de la batería.

III) Cuando se conecta una entrada de alimentación externa, alguna de las cuatro fuentes está activa y no hay batería, el sistema recibe alimentación desde la entrada de alimentación externa.

- **Habilitar los terminales SL1 Y SL2.**

Estos terminales dan la opción según se coloquen los conectores, tener unas tensiones de salida u otras, en función de las necesidades de carga de la aplicación o el dispositivo conectado a la salida. En la Tabla 12 se muestra.

**Table 3. SL1 and SL2 Output-Voltage Selection**

SL1	SL2	OUT4 (V)	OUT5 (V)	OUT6 (V)	OUT7 (V)
Open	Open	3.3	3.3	3.3	3.3
2-3	Open	3.3	2.85	1.85	1.85
1-2	Open	2.85	2.85	1.85	1.85
Open	2-3	3.3	2.85	2.85	1.85
2-3	2-3	2.5	3.3	1.5	1.5
1-2	2-3	2.5	3.3	1.5	1.3
Open	1-2	1.2	1.8	1.1	1.3
2-3	1-2	3.3	2.85	1.5	1.5
1-2	1-2	1.8	2.5	3.3	2.85

**Tabla 12 : Muestra la funcionalidad de los conectores SL1 Y SL2.**

El usuario de la aplicación, antes de conectar la carga al sistema, puede configurar los conectores SL1 y SL2 en función de las necesidades de tensión que tenga la carga. Con estos dos terminales, se pueden configurar las tensiones de salida desde la salida OUT4 hasta la salida OUT7, ambas incluidas.

Por defecto, el sistema viene configurado con los conectores SL1 y SL2 abiertos, open como se muestra en la Tabla 12 marcado con color verde, por lo tanto las salidas OUT4, OUT5, OUT6, OUT7, por defecto tienen una tensión de salida de 3,3 voltios.

- **Configurar los terminales de selección PEN1 y PEN2.**

Estos terminales sirven de selección de corriente de entrada, se configuran para hacer ver al sistema de qué tipo de fuente espera la entrada, es decir o bien de una fuente de alimentación con adaptación "ac / dc", o bien una fuente de alimentación de USB. Mediante un circuito lógico se debe avisar al sistema de gestión de energía de qué tipo de fuente proviene la energía. El límite de corriente de entrada puede ajustarse a una variedad de valores como se muestra en la siguiente Tabla .

Cuando la entrada PEN1 está a nivel bajo, low level, el sistema espera una fuente de entrada del tipo USB en corriente continua y se establece el límite o bien a 95 miliamperios o bien a 475 miliamperios por el terminal PEN2. Cuando PEN1 está a nivel alto, se espera una entrada procedente de un adaptador de corriente alterna a corriente continua, y el límite de corriente es establecido por una resistencia de programación en PSET ( R8, R19, R20). El límite de corriente de entrada de corriente continua se calcula a partir de :

$$IDC\_LIM = 2000 \times (1.5 V / RPSET)$$

**Figura 57 : Limite de la corriente de entrada.**

A continuación se muestra la Tabla 13 donde se observa las posibles configuraciones existentes. En la etapa de potencia del proyecto, se ha configurado un circuito, como ya se ha mencionado anteriormente, de selección, más adelante se especificaran dichos circuitos de selección.

**Table 4. DC Input Current and Charger Current Limit Select**

CEN	PEN1	PEN2	DC INPUT CURRENT LIMIT	EXPECTED INPUT TYPE	CHARGER CURRENT LIMIT
2-3	2-3	2-3	95mA	100mA USB	$1556 \times (1.5V / R_{ISET})$
2-3	2-3	1-2	475mA	500mA USB	$1556 \times (1.5V / R_{ISET})$
2-3	1-2	X	$2000 \times (1.5V / RPSET)$	AC adapter	$1556 \times (1.5V / R_{ISET})$
1-2	X	2-3	Off	USB suspend	Off
1-2	2-3	1-2	475mA	500mA USB	Off
1-2	1-2	1-2	$2000 \times (1.5V / RPSET)$	AC adapter	Off

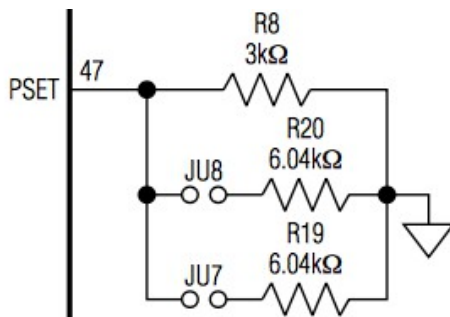
X = Don't care.

$R_{ISET}$  is the resistance between ISET node and GND and  $RPSET$  is the resistance between PSET and GND.

**Tabla 13 : Selección de PEN1 y PEN2.**

Se trata de poder configurar los conectores PEN1 y PEN2 en función de la entrada que espere el gestor de energía, es decir cuando la fuente de entrada de energía sea procedente de una fuente USB con corriente limitada a 500 miliamperios, PEN1 debe estar en la posición 2- 3 como se marca en la Figura 40, y PEN 2 en la posición 1-- 2. Sin embargo si la fuente de entrada de energía es procedente de una fuente de adaptador AC, entonces PEN1 debe estar en la posición 1--2 , y PEN2 es indiferente, por lo tanto se establece una corriente máxima de entrada que se establece con la resistencia  $RPSET$ , esta resistencia mediante una serie de conectores, se puede añadir valor o quitar valor a dicha resistencia.

La corriente de entrada entonces se puede configurar añadiendo o quitando valor a la resistencia  $RPSET$ , esta resistencia se muestra en la siguiente Figura 58 :



**Figura 58 : Selección de la resistencia  $RPSET$ .**

Dependiendo del valor de la resistencia que ve el terminal PSET hasta masa, se establece una corriente límite de entrada u otra. En el proyecto ya que se tendrá una corriente máxima de un amperio, la posición que se colocará los conectores JU7 y JU8 será de :

- JU7 : Open.
- JU8 : Short.

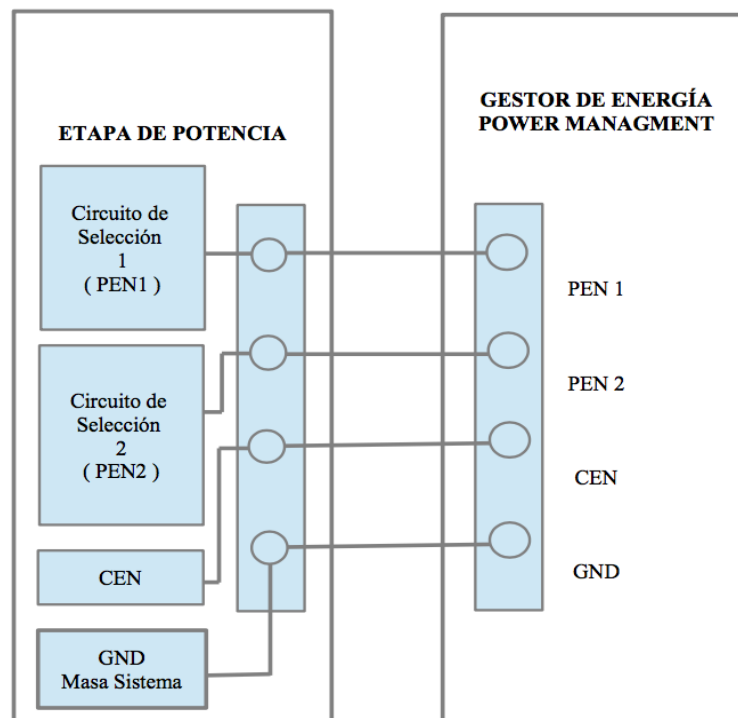
Se realizará esta conexión para dejar un cierto margen de seguridad para posibles oscilaciones de corriente.

**Table 5. DC Input Current-Limit Setting**

JUMPER POSITION		CHARGE CURRENT (A)
JU7	JU8	
Open	Open	1.0
Open	Short	1.5
Short	Open	1.5
Short	Short	2.0

**Tabla 14 : Pines de configuración de la corriente de entrada límite del MAX 8662.**

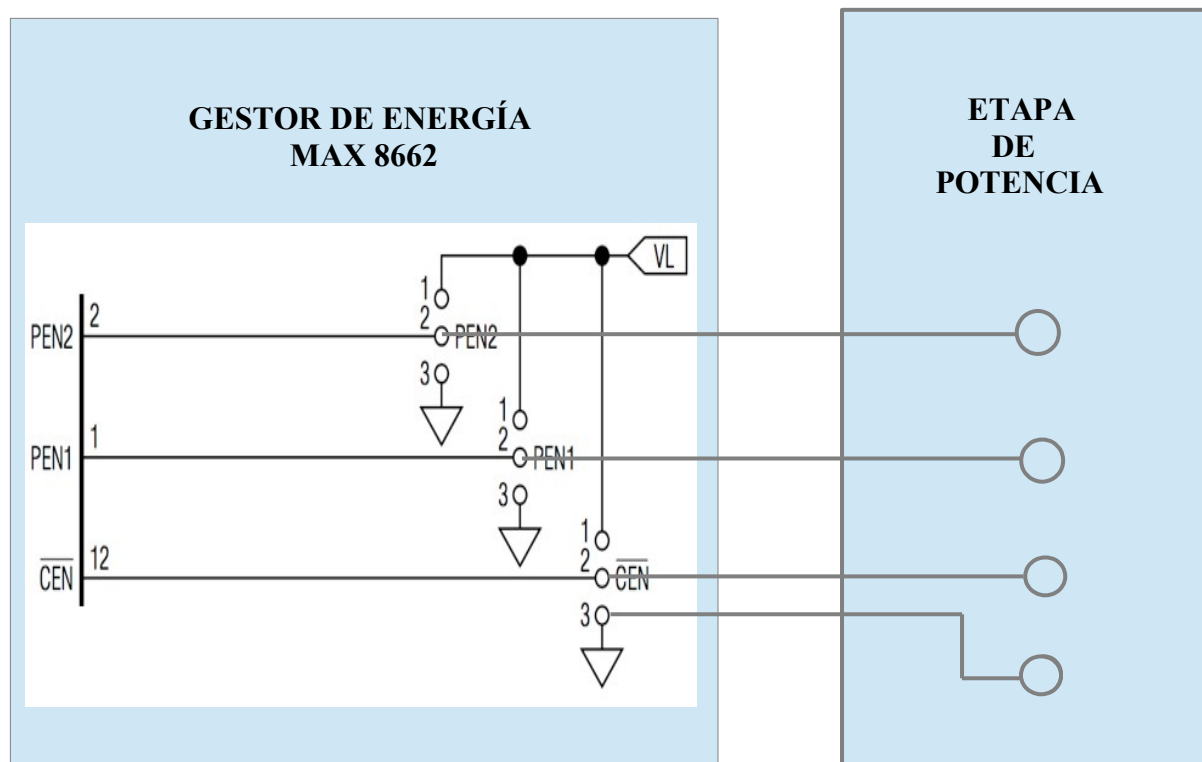
Se creará entonces los circuitos de selección en la etapa de potencia, que serán capaces mediante una lógica digital, establecer un nivel alto o un nivel bajo en los terminales PEN1, PEN2, CEN y GND, en función de la entrada que esté activa en el sistema. A continuación se detallará el circuito de los pines PEN1, PEN2, CEN y GND que controlarán qué entradas de energía espera el dispositivo MAX 8662, es decir que tipo de fuente de energía se espera y qué valor de corriente es el esperado. El circuito eléctrico estará formado por puertas lógicas que establecerán en su salida un nivel alto o bajo en función de la fuente de energía de entrada que esté activada. El nivel alto se representará con 3.3 voltios y el nivel bajo con 0 voltios, es decir la masa del sistema. En la siguiente Figura 59 se muestra la conexión que se ha realizado en el diseño para tener el control establecido de PEN1 y PEN2 , en función de la entrada seleccionada en el sistema. El control se hace mediante varios circuito digitales de control, que establecen qué tipo de entrada de energía se espera:



**Figura 59 : Sistema de control para conocer qué tipo de entrada espera el sistema.**



Se muestra la idea de forma eléctrica para poderlo apreciar mejor la conexión, se debe fijar o bien un nivel alto "VL" o bien un nivel bajo "GND" en los terminales PEN1 y PEN2, por lo tanto los terminales dentro del circuito de gestión de energía , power management son :



**Figura 60 : Conexión eléctrica del sistema de control para saber qué entrada espera el sistema.**

En la etapa de potencia será donde se integren los circuitos lógicos de selección realizados con puertas lógicas. Más adelante se especificarán dichos circuitos lógicos. Se debe aclarar que la Fuente 1 es una entrada de un adaptador AC , en su salida se tendrá una corriente de un amperio y una tensión de 5 voltios. La segunda Fuente 2, es una entrada USB 2.0 de 5 voltios de salida y corriente de 500 miliamperios.

La tercera Fuente 3, se trata de una célula fotovoltaica , a nivel de tensión y corriente se considera como una fuente de entrada de adaptador AC a pesar de no serlo realmente, pero se debe considerar de esta manera ya que el valor de la corriente que entrega la célula fotovoltaica está por encima de 500 miliamperios.

La Fuente 4, es la fuente del mini aerogenerador, que proporciona corrientes de salida bajas, alrededor de 30 miliamperios, dependiendo de la velocidad de rotación de las hélices y tensiones bajas también desde 0 voltios , hasta unos 3 voltios.

En este sentido, se trata de dar prioridad a las fuentes de energía, estableciendo un nivel alto o un nivel bajo en los terminales de PEN1 y PEN2 en función si la entrada de energía proviene de una fuente de USB con limitación de corriente 500 miliamperios o una fuente de corriente con adaptador de CA.

Se da prioridad a la fuente de energía en función de la corriente de salida de la misma, es decir a mayor corriente mayor prioridad. A continuación se muestra una Tabla 15, enseña el control de estos dos terminales , PEN1 y PEN2.



AC	USB	AC	USB	PEN1	PEN2
Fuente 1 Red Eléctrica	Fuente 2 USB 2.0	Fuente 3 Célula FV	Fuente 4 Mini Aero	PEN 1	PEN 2
0	0	0	0	L	L
0	0	0	1	H	L
0	0	1	0	L	H
0	0	1	1	L	H
0	1	0	0	H	L
0	1	0	1	H	L
0	1	1	0	L	H
0	1	1	1	L	H
1	0	0	0	L	H
1	0	0	1	L	H
1	0	1	0	L	H
1	0	1	1	L	H
1	1	0	0	L	H
1	1	0	1	L	H
1	1	1	0	L	H
1	1	1	1	L	H

*Tabla 15: Prioridades en la selección de las fuentes de energía.*

Más adelante en el siguiente capítulo del proyecto se especificarán los circuitos de control que van asociados a la tabla anterior. Estos circuitos de selección están integrados por puertas lógicas, son circuitos lógicos digitales que tendrán un nivel alto o un nivel bajo en su salida dependiendo de los requerimientos del sistema. Cuando el circuito de selección tenga un nivel alto en la salida irá asociado a una tensión de 3.3 voltios, sin embargo cuando el circuito de selección tenga un nivel bajo en su salida se corresponderá con un 0 en tensión.

- **Conocer la función del led POK .**

El led POK, es un led cuya función es indicar el estado de encendido. Cuando la tensión en el terminal de entrada se encuentra entre los umbrales de la subtensión y la sobretensión, y es mayor que la tensión de Batería BAT, el led POK se apaga para indicar que la energía de entrada es aceptable. De lo contrario POK es de alta impedancia. POK no es afectado por PEN1, PEN2 o CEN y también permanece activo en sobrecarga térmica.

- **Cargador de Batería.**

Con una entrada procedente del adaptador CA ó bien del USB, el cargador de batería inicia un ciclo de carga cuando el cargador está activado. Si el voltaje de la batería es menor que el umbral de 3 voltios, el cargador entra en modo de precalificación en el cual la batería se carga al 10 % de la corriente de carga rápida para que la batería no se dañe por una corriente de carga rápida mientras está profundamente descargada, es decir que si la batería está por debajo de los 3 voltios y se está cargando con la Fuente 1 del sistema, la batería se cargará al 10 % de la corriente que entrega dicha fuente, como es de un amperio, el 10 % sería con una corriente de carga de 100 miliamperios para no dañar la batería.

Esta carga lenta garantiza que la batería no se dañe por una corriente de carga rápida mientras está profundamente descargada. Una vez que el voltaje de la batería sube de 3 voltios, el cargador pasa a modo de carga rápida y aplica la corriente de carga máxima. A medida que continua la carga, el voltaje de la batería aumenta hasta que alcanza la tensión de regulación de la batería con un valor de 4.2 voltios donde la corriente de carga comienza a disminuir. Cuando la corriente de carga disminuye hasta el 7.5 % de la corriente de carga rápida, el cargador entra en el modo top - off . En el caso anterior comentado, una vez alcanzado la tensión de 4.2 voltios de la fuente, la corriente de carga de la Fuente 1 sería de 750 miliamperios. La carga máxima continua durante 30 minutos, después se detiene toda la carga.

Si el voltaje de la batería cae por debajo del umbral de recarga de 4.1 voltios, la carga rápida se reinicia y los temporizadores se reinician. El cargador se puede activar o desactivar con conector CEN.

La batería seleccionada en el sistema, es una batería de Litio Ion Li + recomendada por el fabricante del dispositivo de gestión de energía MAX 8662. La batería es una batería de litio con una capacidad de 2200 Miliamperios Hora y la tensión de. La relación corriente - tiempo , que tiene la batería, es lineal. Lineal quiere decir que si tiene una capacidad de 2200 mA / hora, la capacidad de entregar una corriente u otra depende de la corriente que necesite la carga y del tiempo que se estima que alimentará a la carga.

Algunas de las características de la batería seleccionada para el proyecto son :

- Tensión nominal 3.75 V.
- Capacidad 2200 mA Hora.
- Tensión máxima de carga = 4.2 V.
- Corriente máxima de carga = 1.6 A.

Otro punto es el tiempo de carga de la batería, a continuación se muestra el tiempo de carga de la batería en función de la entrada de energía que esté activa :

	<i>Corriente de Carga</i>	<i>Tiempo de Carga</i>
<b>Fuente 1 Red Eléctrica</b>	1 A	2.2 horas
<b>Fuente 2 USB 2.0</b>	500 mA	4.4 horas
<b>Fuente 3 Célula FV</b>	800 mA	2.75 horas
<b>Fuente 4 Mini Aerogenerador</b>	30 mA	73.3 horas

*Tabla 16 : Tiempo de carga en función de la fuente de energía activa.*

Dependiendo de la corriente que se inyecte a la batería, tendrá un tiempo de carga mayor o menor, la relación es lineal. En contrapunto, a mayor corriente de carga, menor tiempo de carga.

- **Corriente de carga.**

El terminal ISET del dispositivo ajusta la corriente de carga para que coincida con la capacidad de la batería. Una resistencia de ISET a masa ( R9, R17, R18 ) establece la corriente máxima de carga rápida, la corriente de carga y el umbral de corriente de carga por debajo del cual se considera que la batería está completamente cargada. Los umbrales se calculan de la siguiente manera :

$$ICHG\_MAX = 1556 \times 1.5V / R_{ISET}$$

*Figura 61: Corriente máxima de carga de la batería.*

$$IPRE\_QUAL = 10 \% \times ICHG\_MAX$$

*Figura 62 : Corriente PRE\_QUAL de carga de la batería.*

$$ITOP\_OFF = 7.5\% \times ICHG\_MAX$$

*Figura 63 : Corriente TOP\_OFF de carga de la batería.*

- Temporizador de carga :

El dispositivo cuenta con un temporizador de fallas para una carga segura. Si la carga de precualificación o la carga rápida no se completa dentro de los límites de tiempo programados por el condensador del temporizador en CT ( C12, C27, C28, C29 ), el cargador deja de cargarse y el LED CHG parpadea a una velocidad de un hercio para indicar el fallo. La carga se puede reanudar alternando el CEN o con la tensión de entrada de corriente continua.

Cuando el cargador sale del modo de carga rápida, el CHG pasa a alta impedancia y el modo TOP -OFF es ingresado. El tiempo de parada también es determinado por CCT .A continuación se muestra las fórmula de ajuste de tiempos de carga :

$$T\ PREQUAL = 30\ min \times ( CCT / 0.068uF )$$

*Figura 64: Tiempo pre- qual.*

$$T\ FST\_CHG = 300\ min \times ( CCT / 0.068uF )$$

*Figura 65 : Tiempo fast charger.*

$$T\ TOP\_OFF = 30\ min \times ( CCT / 0.068\ uF )$$

*Figura 66 : Tiempo top off.*

Se puede consultar la Tabla 17 para el ajuste del temporizador de carga y las configuraciones de los conectores JU9, JU10, JU11 .

<b>JUMPER POSITION (JU9, JU10, and JU11)</b>	<b>PREQUALIFICATION CHARGE TIMER (min)</b>	<b>FAST-CHARGE TIMER (min)</b>
All open	0.3	3
Only one jumper	30.3	303
Two jumpers short	60.3	603
All short	90.3	903

*Tabla 17 : Ajustar temporizador de carga.*

- **Salida de estado de carga ( CHG ).**

El led CHG ( D10 ) es un led que indica el estado de carga. El led está encendido cuando el cargador está en modo de precualificación o carga rápida. Está desactivado , alta impedancia CHG cuando el cargador está desactivado en el modo TOP - OFF o en el modo DONE ( terminada la carga ).

El cargador entra en el estado de falla cuando el temporizador de carga expira antes de completar la carga. En este estado , el LED CHG se enciende con una frecuencia de un hercio para indicar que se ha producido un fallo.

- **Entrada de termistor del cargador de la batería ( THM).**

La temperatura es un factor importante a tener en cuenta en estos sistemas, la temperatura de la batería o ambiente se puede monitorizar con un termistor de coeficiente de temperatura negativo , lo que se conoce como NTC , instalado en el lugar de la resistencia R6, conectado desde la almohadilla THM a GND con R6 eliminado. La carga es entonces permitida cuando la temperatura del termistor está dentro del rango permitido. El cargador entra en un estado de suspensión de temperatura cuando la resistencia del termistor cae por debajo de 3.97 Kohmios ( demasiado caliente, sobre los 50 ° C ) , o sube por encima de 28.7 Kohmios ( demasiado frío ), por debajo de 0 °C. Todo esto es un sistema de seguridad de temperatura que incorpora el dispositivo MAX8662 , para evitar sufra daños el componente.

- **Salidas de los reguladores OUT1, OUT2, OUT4, OUT5, OUT6, OUT7 .**

El Kit MAX8662 de Evaluación tiene siete salidas de alimentación para distintos dispositivos : se forma de dos convertidores reductores ( OUT1 y OUT2 ) , un controlador WLED ( OUT3 ) y cuatro reguladores LDO ( OUT4 -- OUT7 ) . Cada regulador se activa o desactiva de forma individual con los conectores EN1 -- EN7.

Las tensiones OUT1 y OUT2 se pueden ajustar entre 0.98 V y Vin, conectando FB1 / FB2 al centro de un divisor de tensión resistivo entre OUT1 / OUT2 y GND. Las tensiones de salida de OUT4 -- OUT7 son ajustadas por los conectores SL1 y SL2.

- **Convertidor Step -Up con controlador WLED.**

El controlador WLED está activado o desactivado con el conector EN3. Con los conectores JU1 y JU2 encendidos, WLED's ( D2 -- D8 ) están encendidos . La corriente de LED es ajustada por la tensión en BRT. Ajuste VBRT de 50 milivoltios a 1.5 voltios para ajustar la corriente del LED de 1 miliamperio a 30 miliamperios.

El pin EN3 también puede ser accionado por una señal de control PWM de nivel lógico, tal como la suministrada por un microcontrolador. El rango de frecuencias PWM permitido es de 1 Khz a 100 Khz. Un ciclo de trabajo del 100 % corresponde a la corriente completa establecida por el nodo BRT.

## Capítulo 4

### Cálculo de potencias

#### 4.1. Introducción al capítulo.

En este capítulo se estudiarán las potencias puestas en juego en todo el sistema, incluyendo todos los componentes y dispositivos distintos del mismo. Este capítulo se desglosará en :

#### 4.2. Estudio de potencias puesta en juego en el primer bloque analógico:

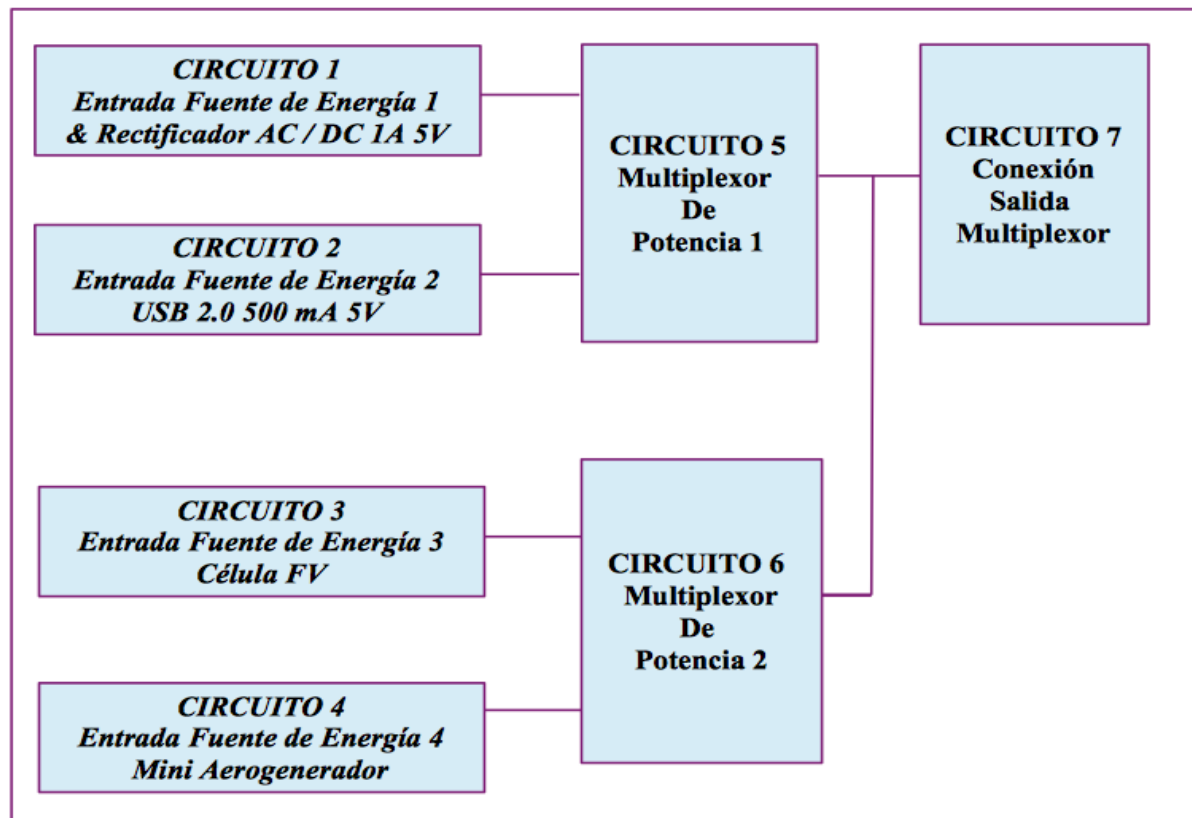
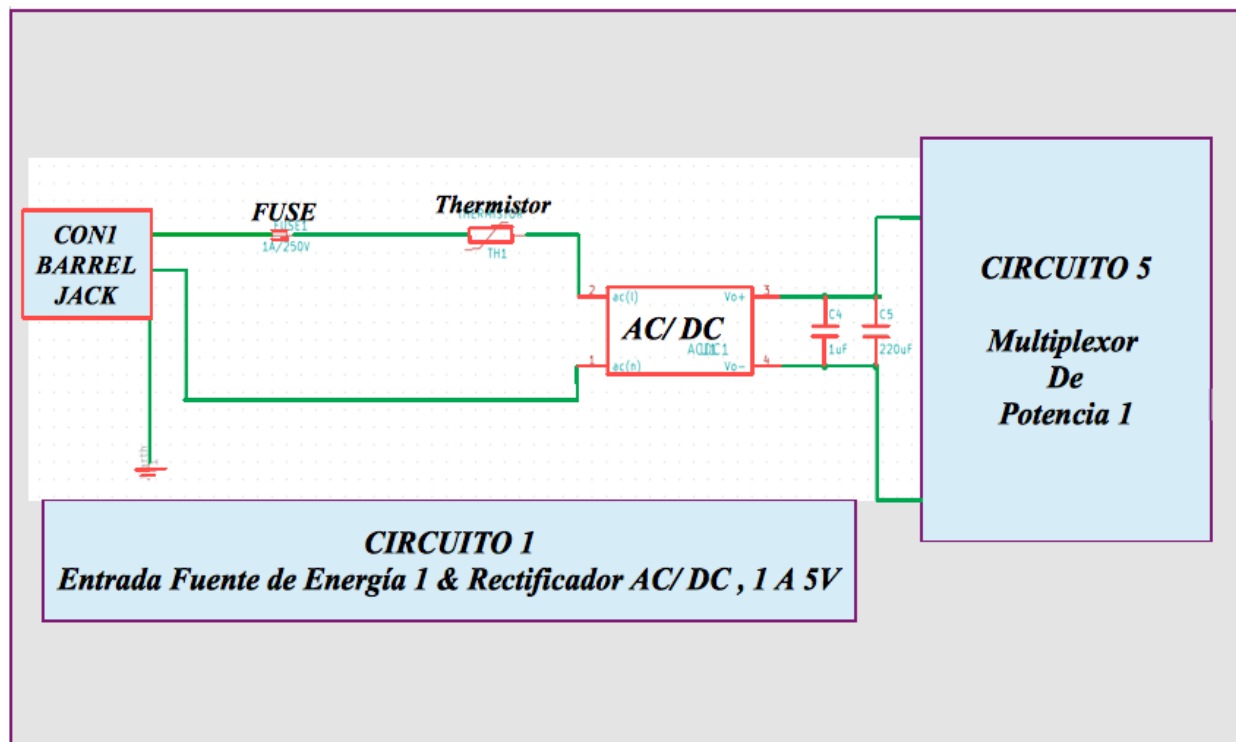


Figura 67 : Primer bloque de potencia.

En primer lugar se realiza el estudio de potencias en el " *CIRCUITO 1 Entrada Fuente de Energía 1 & Rectificador AC / DC 1 A 5 V* ". En la Figura 68 se muestra el circuito eléctrico del CIRCUITO 1 ;



*Figura 68 : Entrada fuente de energía 1, red eléctrica y rectificador AC / DC.*

En este apartado, se realizará un estudio de las tensiones, corrientes, y se hará un cálculo de las potencias puestas en juego en el circuito de la Figura . En el conector hembra de red CON1 , internamente existe un circuito de choque eléctrico que impide que armónicos indeseados se introduzcan en el sistema y viceversa, armónicos que el sistema pueda producir , impedir que se inyecten a la red. En la entrada se puede apreciar un fusible de un amperio de corriente máxima y una tensión nominal de 250 voltios, es un componente eléctrico hecho de un material conductor, generalmente estaño y tiene un punto de fusión muy bajo y se coloca en un punto del circuito eléctrico para interrumpir el exceso de corriente. Existe también un termistor, que se trata de un sensor de temperatura por resistencia, también llamado NTC, el funcionamiento básico de este se basa en una resistencia que varía su valor en función de una temperatura. Más adelante se encuentra el rectificador que posee un balance de potencias .

Para realizar el análisis de potencias en el rectificador se debe conocer primer la eficiencia del dispositivo. En la siguiente Figura se muestra la eficiencia, nuestro dispositivo es el VSK -- S5 -- 5UA, y la tensión de entrada será de 230 voltios corriente alterna. Conociendo la siguiente fórmula se puede llevar a cabo el análisis :

$$\text{Rendimiento rectificador } (\eta) = P2 / P1$$

*Figura 69 : Rendimiento del rectificador.*

- $Rendimiento = P2 / P1 = \eta$

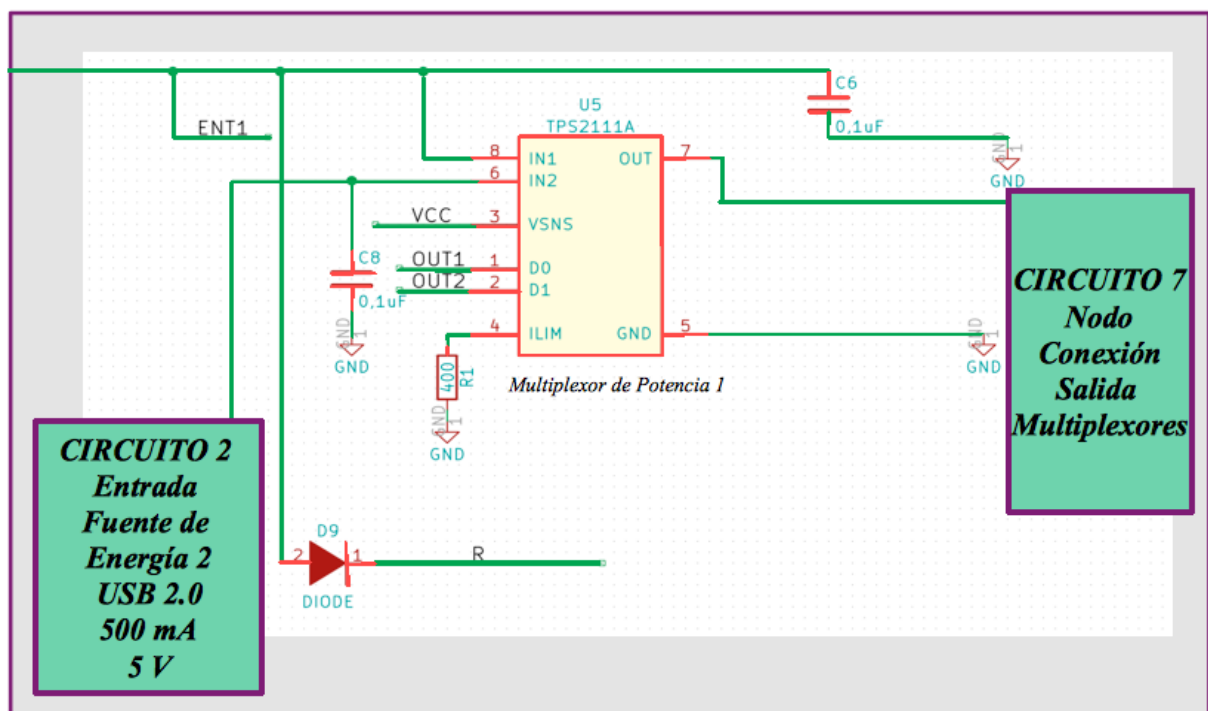
Basándose en la Figura 70, el rendimiento del rectificador es el 78 %, valor aportado por la hoja de características del rectificador.

$$Rendimiento\ rectificador\ (\eta) = P2 / P1 = 78 \%$$

**Figura 70 : Rendimiento rectificador 78 %.**

La potencia a la entrada como es de esperar, es algo superior a la potencia de la salida debido al rendimiento del rectificador. Ahora si tenemos una tensión de entrada de 230 Vac, se llevará a cabo el cálculo de la corriente de entrada. Todas estas corrientes se debe haber realizado el cálculo con anterioridad de hacer la placa PCB, ya que tiene dependencia directa con el ancho de las pistas. Como a la entrada del rectificador se tienen corrientes muy débiles, basta con establecer pistas de 0.2 milímetros, que equivale a una corriente de 0.7 amperios, su cubre de sobra la necesidad de anchura de pista. El propio programa Kicad tiene una calculadora para poder calcular el ancho de pista en función de la corriente de funcionamiento. A la salida del rectificador se tienen dos condensadores, el primero C4 es de 1 microfaradio y el segundo condensador es C5 de 220 microfaradios. Ambos condensadores tienen la función de filtro y la parte de alterna de la corriente pasa por ambos dos. Se ha fijado los condensadores con tensiones nominales de 16 voltios, dejando un pequeño margen de seguridad. El condensador sólo fija tensión, se carga y se descarga de forma continuada.

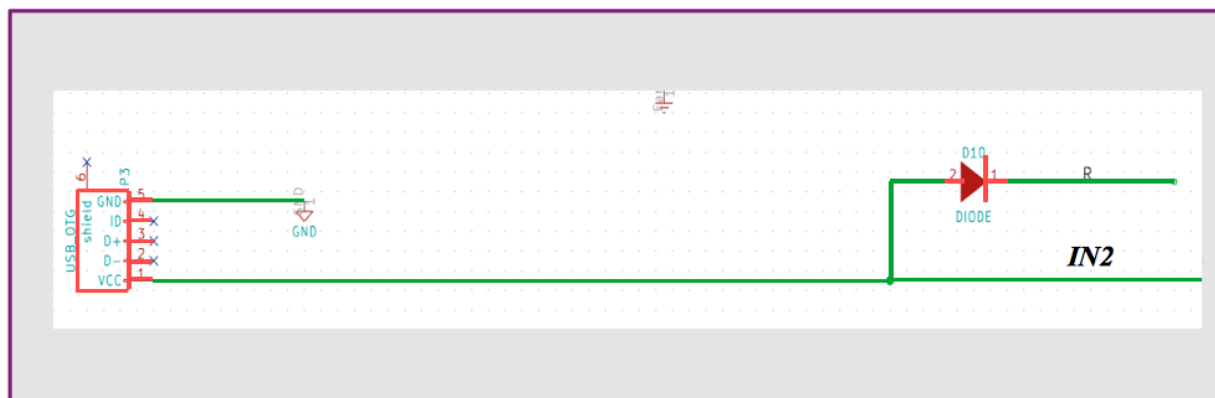
En la Figura 71 se mostrará el circuito de " CIRCUITO 5 Multiplexor de Potencia 1 ". Esta misma figura vale exactamente igual , es una réplica , para el " CIRCUITO 6 Multiplexor de Potencia 2 ".



**Figura 71 : CIRCUITO 5 Multiplexor de Potencia 1.**

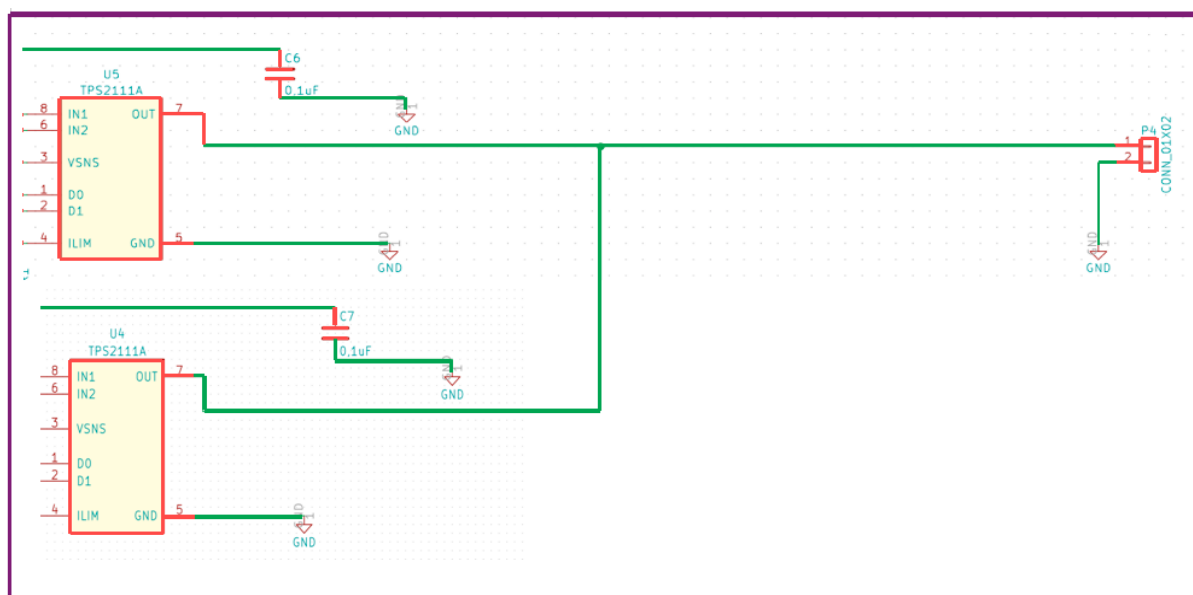
En las entradas IN1 e IN2 , le llegarán respectivamente tensiones de 5 voltios a casa terminal, pero las corrientes no serán las mismas. La corriente en IN1 proviene de la fuente red eléctrica y será de un amperio, mientras que la corriente de la segunda fuente de energía proviene del usb 2.0 y será de 500 miliamperios. El multiplexor de potencia soporta tensiones de entrada desde 1.5 voltios la mínima, hasta tensiones de 5.5 voltios la máxima. La resistencia R1 de 400 ohmios fija la corriente de entrada máxima en ambas entradas del dispositivo de 1.25 amperios. Internamente el multiplexor de potencia tiene un transistor de paso que dejará pasar la corriente a la salida cuando las señales de control lo indiquen, este transistor puede soportar corrientes de más de un amperio.

El circuito 7 presenta un nodo de conexión de salida de ambos multiplexores, en este nodo se juntarán ambos circuitos de salida de los dos multiplexores para conectarse con un conector 1x2, que irá directamente conectado a la entrada del gestor de energía, dispositivo MAX 8662 .El multiplexor de potencia, como dispositivo pasivo que es, las señales de control absorben una corriente desde 0.5 microamperios hasta 5 microamperios, es una tecnología de bajo consumo CMOS, que se solapa perfectamente con la tecnología CMOS de las puertas lógicas. La siguiente Figura 72 se muestra el " CIRCUITO 2 Entrada Fuente de Energía 2 USB 2.0 500 mA 5 V " :



**Figura 72 :CIRCUITO 2 Entrada Fuente de Energía 2 USB 2.0 500 mA 5 V.**

Este es el conector de la fuente de energía USB 2.0 con una corriente generada de 500 miliamperios . Vcc irá conectada a la entrada IN2 del multiplexor de potencia . El diodo ya se comentará más adelante la función del mismo. En la siguiente figura se muestra " CIRCUITO 7 Nodo Conexión Salida Multiplexores ". Como ya se mencionó en un capítulo anterior, la corriente siempre hacia la salida conector 1x2, nunca puede retornar hacia el otro multiplexor, para eso se ha implementado los circuitos de selección que controlan las señales de control.

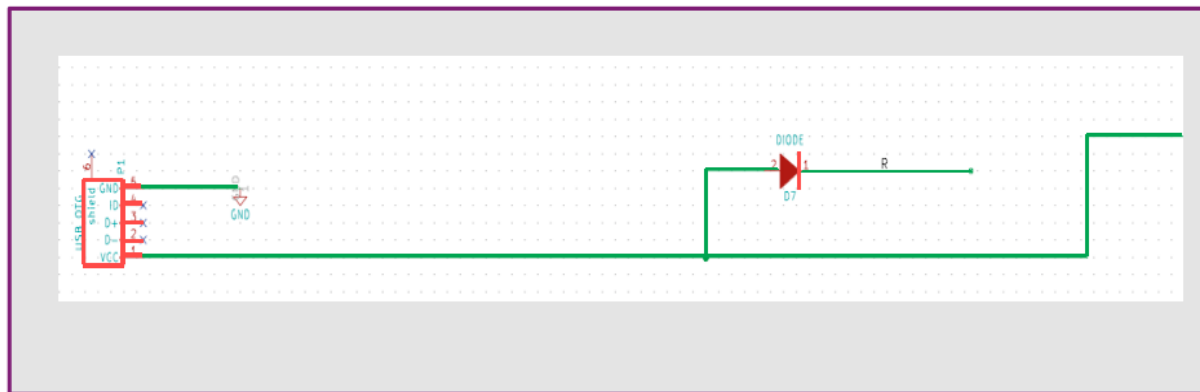


**Figura 73 : CIRCUITO 7 Nodo Conexión Salida Multiplexores.**



La salida del primer multiplexor 1 puede proporcionar o bien una corriente de un amperio de la fuente de energía red eléctrica o bien una corriente de 500 miliamperios de la fuente USB 2.0. La salida del multiplexor 2 puede proporcionar o bien una corriente de 800 miliamperios de la fuente de la célula fotovoltaica o bien una corriente de 30 a 50 miliamperios del mini aerogenerador.

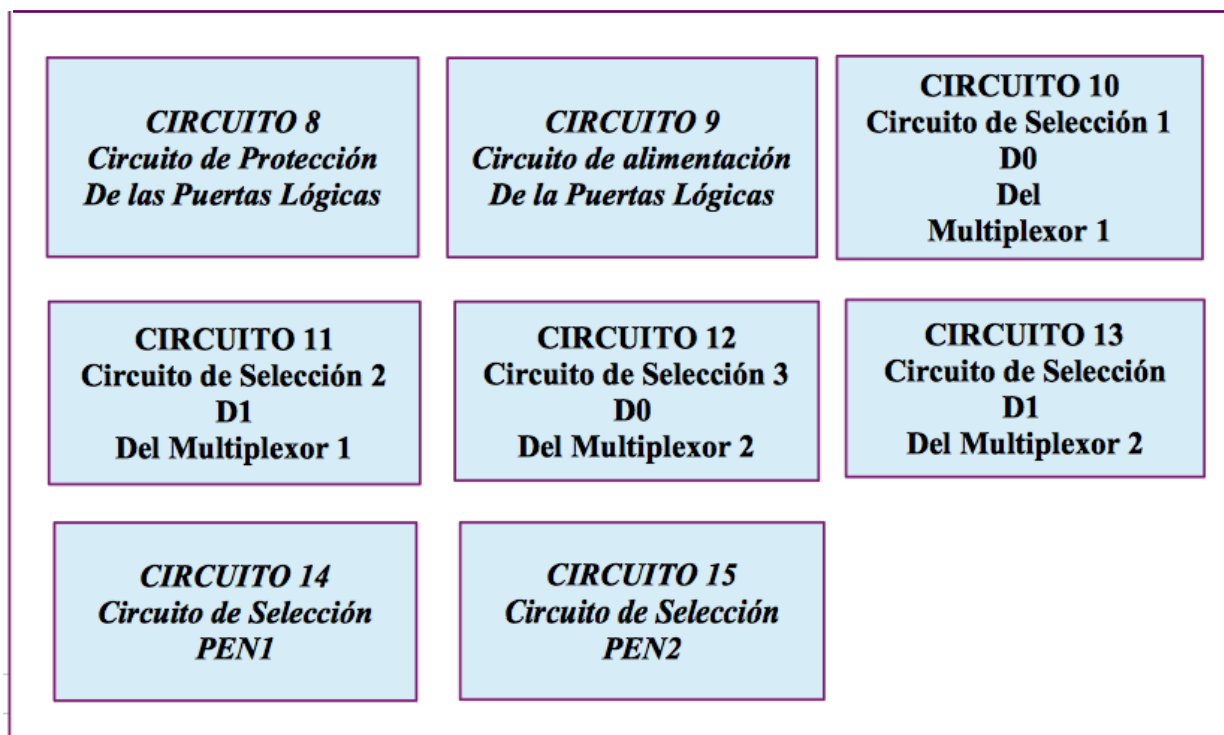
La siguiente Figura 74 valdrá para el " CIRCUITO 3 Entrada Fuente de Energía 3 Célula FV " y para el " CIRCUITO 4 Entrada Fuente de Energía 4 Mini Aerogenerador ", ambos tienen entrada MINI USB TIPO B .



*Figura 74 : CIRCUITO 3 Entrada Fuente de Energía 3 Célula FV.*

Ambos dos circuitos tanto el CIRCUITO 3 como el CIRCUITO 4 son entradas de tensión ambas de 5 voltios y el CIRCUITO 3 puede generar una corriente máxima de 800 miliamperios, mientras que el CIRCUITO 4 sólo es capaz de generar una corriente máxima de 100 miliamperios.

#### 4.3. Estudio de potencias puestas en juego en el segundo bloque digital :



*Figura 75 : Segundo bloque de selección. Bloque digital.*

A continuación se muestra el "CIRCUITO 8 Circuito de Protección de las Puertas lógicas", este circuito impide que la mayoría de la corriente de las fuentes de energía pueda circular hacia las entradas de las puertas lógicas. La idea es que la gran parte de la corriente de las fuentes de energía fluya hacia la entrada del multiplexor y una parte pequeña de esa corriente se utilice para generar las señales de control a través de los circuitos de selección de las puertas lógicas.

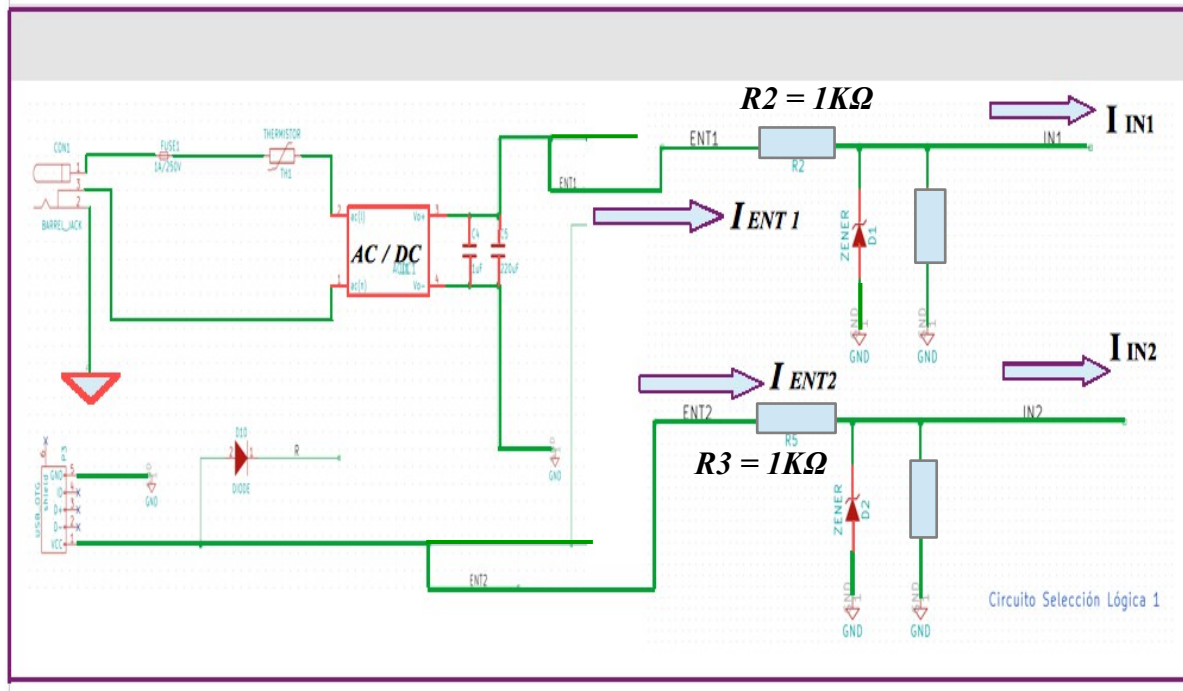


Figura 76 : CIRCUITO 8 Circuito de Protección de las Puertas lógicas.

La corriente que entra en ENT1 y ENT2, es sólo una pequeña parte de la corriente de cada fuente, ya que la corriente de generada por cada fuente encuentra una resistencia de 1 Kiloohmio y la mayoría de la corriente se irá por donde menos resistencia vea. Primero se hará el estudio para la fuente de energía 1, ENT1, seguido se realizará el estudio para la siguiente fuente de energía 2, ENT2. Se realiza un zoom del CIRCUITO 8 para poder analizarlo mejor :

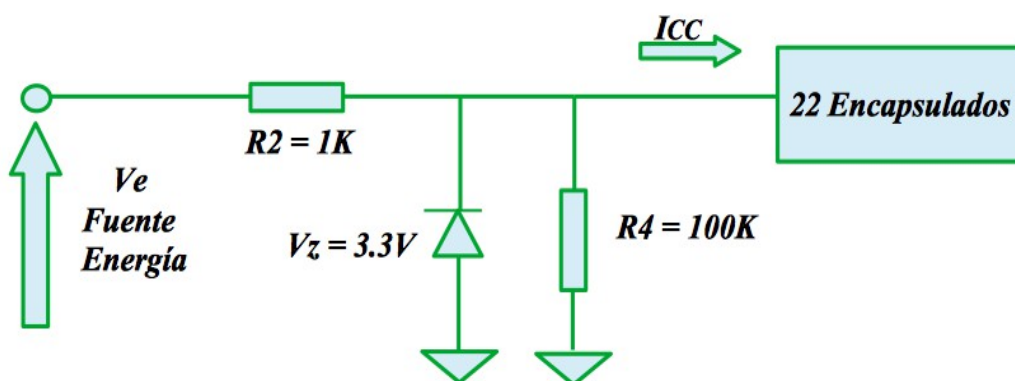


Figura 77 : Circuito de protección de las puertas lógicas y circuito de polarización.

El circuito de la anterior Figura 77 tiene dos funciones principales :

- Proteger la entrada de las puertas lógicas, e impedir que les llegue demasiada corriente.
- Tiene la función de polarizar las puertas lógicas. De modo que cuando la fuente de energía está activa, en la entrada de la puerta lógica se fija mediante el diodo zener una tensión de 3.3 voltios. Sin embargo si la fuente de energía no está activada, la resistencia R4 tiene la función de garantizar a la entrada de las puertas lógicas un nivel bajo ,es decir cero voltios. Esto sirve, como se verá más adelante, para generar las señales de control de los multiplexores mediante los cuatros circuito de selección.

Para calcular el valor de R2 se debe realizar el siguiente cálculo ;

$$V_e - V_z / R = I_z + I_{cc} ;$$

*Se estima el valor de  $I_z$  en 1mA y de  $I_{cc}$  1mA;*

$$R2 = V_e - V_z / I_z + I_{cc} = 5V - 3.3 V / 2mA = 1K\Omega$$

**Figura 78 ;Cálculo de valor de la resistencia R2.**

Por cada fuente de energía existirá un circuito como el de la Figura 80 , es decir habrá cuatro circuitos idénticos. La corriente de salida de estos circuitos  $I_{Ni}$ , será absorbida por la entrada de los circuitos integrados, estos circuito integrados serán puertas lógicas, a continuación se muestra la corriente de entrada que absorbe cada entrada de una puerta lógica, en la Figura 79 se muestra :

$I_i$	A or B inputs	$V_i = 5.5 V$ or GND	0 to 5.5 V	$\pm 5$	$\pm 5$	$\mu A$
-------	---------------	----------------------	------------	---------	---------	---------

**Figura 79 : Corriente de entrada absorbida por las puertas lógicas a su entrada.**

De ello resulta que por cada entrada de una puerta lógica se absorben 5 microamperios, al existir 6 circuitos de selección, habrá una corriente total  $I_{Ni}$  de :

$$\text{Corriente total de } I_{Ni} = 6 * 5\mu A = 30 \mu A$$

**Figura 80 ; Corriente  $I_{Ni}$  total.**

$$VF1 = I_{ENT 1} * R2 + V_{zener} ;$$

$$I_{ENT 1} = 5 V - 3.3 V / 1K = 1.7 mA$$

**Figura 81: Malla fuente de energía 1.**

Por consiguiente, el diodo está polarizado correctamente y está en polarizado en inversa. De esta manera fija una tensión de 3.3 voltios cuando se requiere un nivel alto en las puertas lógicas y cuando se requiere un nivel bajo y la fuente de energía está desactivada, se tiene la resistencia R4 que garantiza que la tensión será muy cercana a cero voltios. De hecho la resistencia R4 tiene la función además de asegurar que, aunque la tensión de entrada quede en circuito abierto, en la entrada exista un nivel bajo de tensión, próximo a cero voltios. Entonces por la resistencia R2 circula una corriente de 1.7 mA. La resistencia R2 tiene el objetivo de :

- Proteger las puertas lógicas de corrientes altas.
- Polarizar el diodo zener.
- Impedir que la gran parte de la corriente fluya por dicha resistencia R2, y conseguir que la gran mayoría de la corriente fluya hacia el multiplexor de potencia, y por consiguiente a la carga del sistema.

Es decir que esta corriente de valor 1.7 miliamperios, se tiene que dividir, parte de ella para polarizar el diodo zener y la restante circulará por la resistencia R4.

El diodo zener tiene dos funciones principales :

- Asegurar que cuando la fuente de energía está activada, la entrada de la puerta lógica reciba un nivel alto.
- Fijar un nivel de tensión de 3.3 voltios.

El diodo zener debe estar polarizado en inversa para poder fijar un nivel de tensión entre sus terminales, dicho nivel de tensión en el caso del proyecto será una tensión zener nominal de 3.3 voltios. El diodo necesita que circule por el para estar polarizado en inversa una corriente mínima de 5 microamperios, a partir de este valor el diodo queda polarizado en inversa y fija una tensión de 3.3 voltios, se puede apreciar dicho valor marcado en verde en la Figura 82 .

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted,  $V_F = 0.9\text{ V Max.}$  @  $I_F = 10\text{ mA}$  for all types)

Device*	Device Marking	Zener Voltage (Note 2)				Zener Impedance			Leakage Current		$\theta V_Z$ (mV/k) @ $I_{ZT}$		C @ $V_R = 0$ $f = 1\text{ MHz}$
		$V_Z$ (Volts)			@ $I_{ZT}$	$Z_{ZT}$ @ $I_{ZT}$	$Z_{ZK}$ @ $I_{ZK}$	$I_R$ @ $V_R$					
		Min	Nom	Max	$\text{mA}$	$\Omega$	$\Omega$	$\text{mA}$	$\mu\text{A}$	Volts	Min	Max	$\text{pF}$
MM3Z2V4T1G	00	2.2	2.4	2.6	5	100	1000	0.5	50	1.0	−3.5	0	450
MM3Z2V7T1G	01	2.5	2.7	2.9	5	100	1000	0.5	20	1.0	−3.5	0	450
MM3Z3V0T1G	02	2.8	3.0	3.2	5	100	1000	0.5	10	1.0	−3.5	0	450
MM3Z3V3T1G	05	3.1	3.3	3.5	5	95	1000	0.5	5	1.0	−3.5	0	450

*Figura 82 : Características eléctricas del diodo zener.*

La corriente  $I_{ZT}$  de valor 5 miliamperios en el diodo, es la corriente de prueba, es un valor típico de funcionamiento del diodo. Para el valor  $I_{ZT}$ , el fabricante mide el valor de la tensión nominal de referencia  $V_{ZT}$ . La tensión nominal de referencia es  $V_{ZT}$ , y el el valor típico, promedio, asociado a la tensión  $V_Z$ . Es importante no sobrepasar la corriente máxima que especifica el fabricante, en este caso el fabricante no da la el valor, pero si nos da el valor de la potencia máxima disipada, que son 300 milivatios, con este valor se puede hallar la corriente máxima que soporta el diodo:

$$PDM = V_{ZT} * I_{ZM}$$

$$I_{ZM} = PDM / V_{ZT} = 300\text{mW} / 3.3\text{ V} = 90.9\text{ mA}$$

*Figura 83 : Corriente máxima que puede circulas por el diodo zener.*

- **Cálculo de Fan- Out o Factor de Carga de salida.**

Se debe calcular entonces el FAN -OUT o factor de carga de salida, es el número máximo de entradas pertenecientes a otras compuertas que pueden conectarse a una salida respecto a los niveles lógicos. Es el número máximo de entradas que una salida puede excitar, permaneciendo los niveles dentro de los valores garantizados. El FAN- OUT depende en gran medida, por tanto, de la corriente que puede dar a la salida y de la corriente que absorben las entradas, la suma de todas las corrientes de las entradas tiene que ser como máximo, igual a la máxima corriente que puede dar a la salida.

Por lo tanto como tenemos una corriente de entrada a cada puerta lógica de 5 microamperios y sabemos que la máxima corriente de salida a nivel bajo tiene un valor de 24 miliamperios y que la máxima corriente de salida a nivel alto tiene un valor de - 24 miliamperios, a partir de aquí se puede calcular el Fan - Out. Así pues , la salida de una puerta lógica puede atacar a 4800 entradas de puertas lógicas, por lo tanto no va a existir ningún problema en este sentido. A continuación, se muestra en la Figura 84 el cálculo de el Fan- Out.

$$\begin{aligned}
 &\textbf{Fan Out o Factor de Carga de salida :} \\
 &\textbf{Fan -out Alto} = | IOH_{\text{máx}} / I_{IH} \text{ MÍN} | = | 24mA / 5\mu A | = 4800 \\
 &\textbf{Fan -Out Bajo} = | IOL_{\text{MÁX}} / I_{IL} \text{ MÁX} | = | 24mA / 5\mu A | = 4800 \\
 &\textbf{Fan - Out} = \min ( \textbf{Fan -Out bajo}, \textbf{Fan -Out Alto} ) = 4800
 \end{aligned}$$

**Figura 84 : Fan -Out o factor de carga de salida .**

- **Potencia puesta en juego en la resistencia R2 :**

Por consiguiente, se calcula la potencia disipada en la resistencia R2 ;

$$\textbf{Potencia R2} = ( 1.7mA ) ^2 * 1K = 2.89 \text{ mW}$$

**Figura 85 : Potencia disipada en R2.**

Como la resistencia tiene una potencia de 0.75 W, la resistencia no tendrá ningún problema para soportar la corriente que circula por ella.

RK73HW2H/2H (2010)	0.75W		±100	10Ω - 1MΩ	10Ω - 1MΩ	
			±200	—	1.0Ω - 9.76Ω 1.02MΩ - 5.6MΩ	
			±400	—	5.62MΩ - 10MΩ	

**Figura 86 : Potencia nominal de la resistencia R2.**

- **Potencia disipada en el diodo zener :**

El diodo zener soporta una corriente de 1.48 mA y la tensión que se fija en bornes del mismo es de 3.3 voltios, por lo tanto la potencia del diodo zener será :

$$P_{d\ zener} = I_z * V_z = 1.48mA * 3.3V = 4.88\ mW$$

**Figura 87 : Potencia puesta en juego en el diodo zener.**

Se trata ahora de comparar dicha potencia calculada con la potencia nominal del diodo zener, para asegurarse que no existe ningún problema.

**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Max	Unit
Total Device Dissipation FR-4 Board, (Note 1) @ T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	300 2.4	mW mW/°C
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	R <sub>θJA</sub>	416	°C/W
Junction and Storage Temperature Range	T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	-65 to +150	°C

**Figura 88 : Potencia nominal del diodo zener.**

La potencia nominal del diodo zener es de 300 mW, y la potencia puesta en juego real es de 4.88 mW, por lo tanto no existe ningún problema.

- **Potencia disipada en R4 :**

La corriente que circula en R4, teniendo una tensión en bornes de 3.3 voltios fijada por el diodo zener, será de :

$$I_{R4} = 3.3V / 100\ K = 33\ \mu A.$$

**Figura 89 : Corriente que circula por R4.**

Por lo tanto la potencia disipada será :

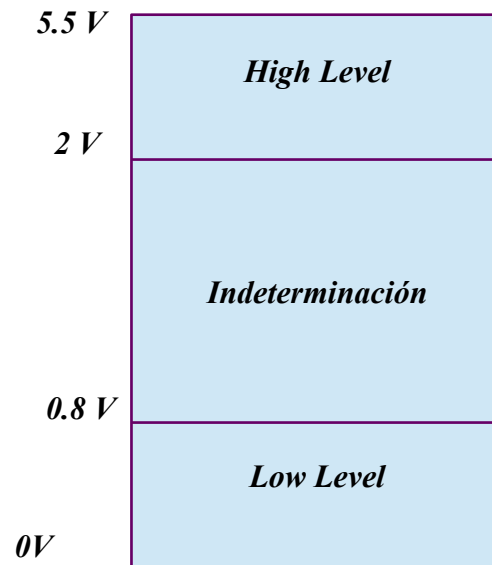
$$Potencia\ R4 = (I_{R4})^2 * 100\ K = (33\ \mu A)^2 * 100\ K = 0.1089\ mW$$

**Figura 90 : Potencia disipada en R4.**

No va a existir ningún problema ya que la potencia nominal de la resistencia R4 es de 0.5 W. El estudio realizado hasta ahora sólo ha sido aplicable para una fuente de alimentación, pero es perfectamente aplicable a las demás fuentes de alimentación, puesto que la tensión de salida de todas las fuentes de energía será 5 voltios y la malla eléctrica será la misma, de modo que los diodos zener tendrán la misma tensión nominal y el valor de las resistencias será el mismo.

Por lo tanto, para cada una de las entradas IN1, IN2, IN3 e IN4 es el mismo estudio realizado hasta el momento. La Figura 69 se conecta multiplicada por cuatro en cada una de las entradas IN1, IN2, IN3 e IN4. Si la fuente de energía está activa, la corriente generada al ver una resistencia de 1 Kiloohmio, se va la mayoría de la corriente hacia el multiplexor, y una pequeña parte polariza el diodo en inversa y fija una tensión nominal de 3.3 voltios, por lo tanto a la puerta lógica le llegaría una tensión interpretada como "High Level".

Se muestra a continuación los niveles de tensión interpretados por las puertas lógicas :



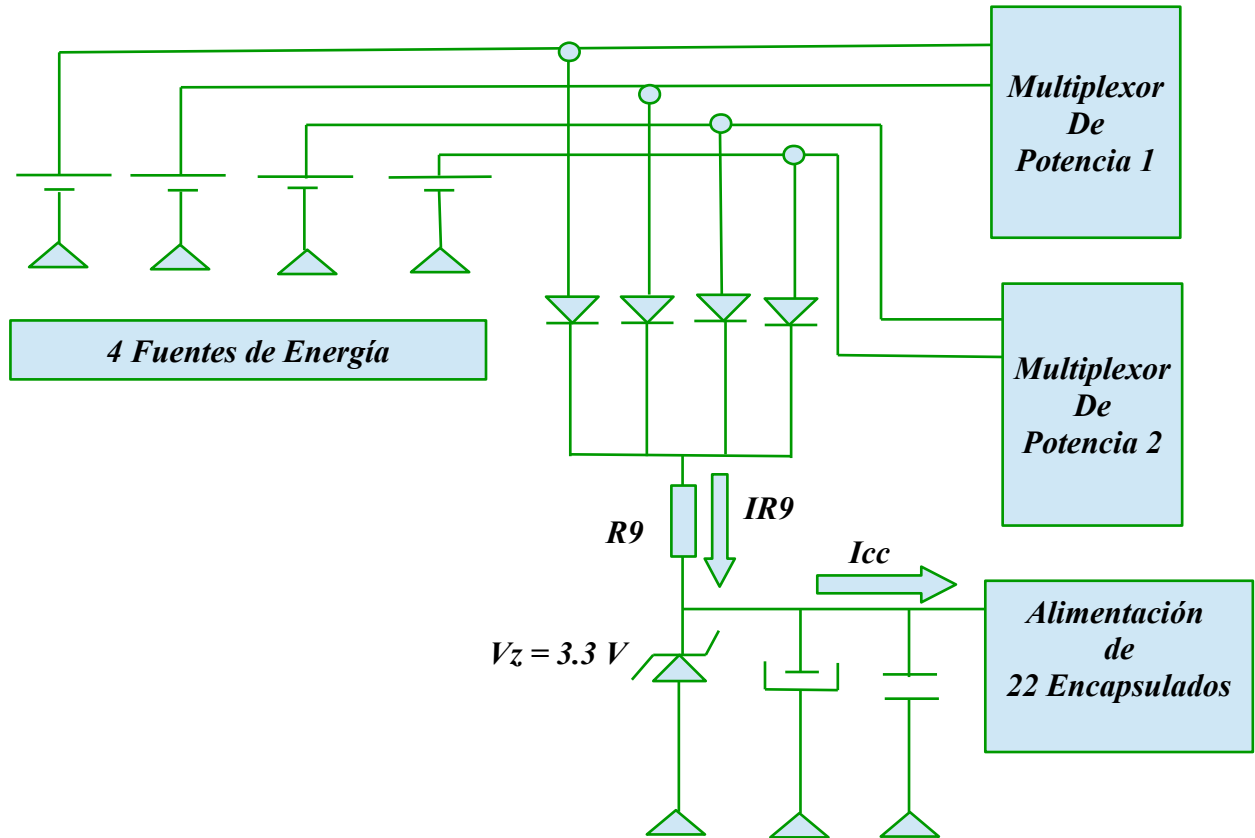
**Figura 91 : Niveles de tensión en la puertas lógicas.**

Desde cero voltios hasta los 0.8 voltios, se interpreta como un nivel bajo, "low level". Desde los 2 voltios hasta los 5.5 voltios se interpreta como un nivel alto, "high level". Existe una zona de indeterminación, donde es una incertidumbre la tensión que se interpretará, por lo tanto se debe evitar trabajar en esta zona de indeterminación. El siguiente circuito es el "CIRCUITO 9 Circuito de alimentación de las puertas lógicas", este circuito tiene dos funciones principales :

- Alimentar las puertas lógicas, se deben alimentar 22 encapsulados.
- No dejar que la corriente de las fuentes vuelva de retorno hacia el resto de fuentes.

La función principal del circuito es alimentar las puertas lógicas aprovechando la energía de las fuentes de alimentación. Existen 22 encapsulados a los que se tiene que alimentar, por lo tanto, si conocemos gracias al fabricante de las puertas lógicas la corriente de alimentación de un solo encapsulado, se debe multiplicar esta por los 22 encapsulados totales que hay en el sistema. La segunda función principal del sistema es impedir que la corriente fluya hacia las demás fuentes de alimentación, de modo que la corriente fluya hacia la alimentación de las puertas lógicas, de esta función se encarga el diodo semiconductor, que tiene el objetivo principal de dejar pasar la corriente en una sola dirección.

Se muestra a continuación el circuito :



**Figura 92 : Esquema eléctrico alimentación de las puertas lógicas.**

La corriente que pasa por el diodo zener polariza éste en inversa, fija así una tensión de 3.3 voltios que alimentará a las puertas lógicas. Las puertas lógicas, como ya se mencionó, son de una tecnología LVCMOS, por lo tanto de bajo consumo, aceptan tensiones de alimenta en un amplio rango desde 1.65 voltios, hasta los 5.5 voltios.

De donde se sigue que la corriente nominal de alimentación de las puertas es según el fabricante de 10 microamperios :

$\Delta I_{cc}$	One input at $V_{CC} - 0.6\text{ V}$ , Other inputs at $V_{CC}$ or GND	3 V to 5.5 V	500	500	$\mu\text{A}$
-----------------	---	--------------	-----	-----	---------------

**Figura 93 ; Corriente de alimentación nominal de las puertas lógicas.**

Así pues, la corriente total que absorbe la alimentación de las puertas lógicas es de :

$$I_{cc\text{ total}} = I_{cc} * 22 = 10\text{ }\mu\text{A} * 22 = 220\text{ }\mu\text{A}$$

**Figura 94 : Corriente total de alimentación de las puertas lógicas.**



Se ha de conocer también la tensión de caída que se produce en el diodo semiconductor, mirando la hoja de características del fabricante, y poniéndose en el peor caso, la tensión máxima de caída en el diodo semiconductor será de 0.80 voltios.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T <sub>A</sub> = 25 °C unless otherwise noted)						
PARAMETER	TEST CONDITIONS		SYMBOL	TYP.	MAX.	UNIT
Instantaneous forward voltage	I <sub>F</sub> = 0.5 A	T <sub>A</sub> = 25 °C	V <sub>F</sub> <sup>(1)</sup>	0.65	-	V
	I <sub>F</sub> = 1.0 A			0.72	0.80	
	I <sub>F</sub> = 0.5 A	T <sub>A</sub> = 125 °C		0.51	-	
	I <sub>F</sub> = 1.0 A			0.57	0.65	

**Figura 95 : Tensión total de caída en el diodo semiconductor.**

Conociendo esto, se puede ahora calcular la corriente que circula por la resistencia R9 . Se ha de tener en cuenta que se calculo un valor previamente a la hora de fijar el valor de la resistencia R9, para conseguir que por le diodo zener fluya la corriente necesaria para polarizar el diodo en inversa y fijar así una tensión de 3.3 voltios.

$$IR9 = Vin - V\gamma - Vzener / R9 = 5\text{ V} - 0.80\text{ V} - 3.3\text{ V} / 470\text{ }\Omega = 1.91\text{ mA}$$

**Figura 96 : Corriente que circula por la resistencia R9.**

Una vez se conoce el valor que circula por la resistencia R9, se debe calcular ahora el valor de la corriente real que circula por el diodo zener, así pues, si circula por la alimentación de las puertas lógicas una corriente de 220 microamperios, por el diodo zener circulará una corriente de :

$$IR9 = Izener + Icc ;$$

$$Izener = IR9 - Icc = 1.91\text{ mA} - 200\text{ }\mu\text{A} = 1.71\text{ mA}$$

**Figura 97 : Corriente real que circula por el diodo zener.**

El fabricante del diodo zener dice que a partir de una corriente de 5 microamperios, el diodo ya está polarizado en inversa, por lo tanto estamos dentro del margen. La corriente máxima de polarización del diodo zener es de 90.9 mA.

En este siguiente punto se calcularán las potencias puestas en juego en los dispositivos, para segurar que están dentro del margen de especificaciones del fabricante. En primer lugar se estudiará la potencia disipada por le diodo semiconductor;

$$PD\text{ diodo semiconductor} = V\gamma * I\text{ diodo} = 0.8\text{ V} * 1.91\text{ mA} = 1.52\text{ mW}$$

**Figura 98 : Potencia disipada en el diodo semiconductor.**

De ello resulta que se encuentra dentro de rango máximo de potencia disipada, ya que la potencia nominal máxima es de 300 mW. Se calculará ahora la potencia disipada en la resistencia R9;

$$P_{R9} = (I_{R9})^2 * R9 = (1.91mA)^2 * 470 \Omega = 1.71 mW$$

**Figura 99 : Potencia disipada en R9.**

El fabricante nos da una potencia máxima de disipación de 0.33 vatios, por lo tanto estamos dentro del margen. Por último se calculará la potencia en el diodo zener ;

ESR18	3216	1206	0.33 <sup>*1</sup>	200	±200	J(±5%)	1Ω to 15MΩ (E24 Series)	YES
					±100	F(±1%)	1Ω to 10MΩ (E24,96 Series)	
					±100	D(±0.5%)	10Ω to 1MΩ (E24,96 Series)	

**Figura 100 : Potencia nominal de la resistencia R9.**

$$P_{zener} = V_z * I_z = 3.3 V * 1.71mA = 5.64 mW$$

**Figura 101 ;Potencia disipada en el diodo zener.**

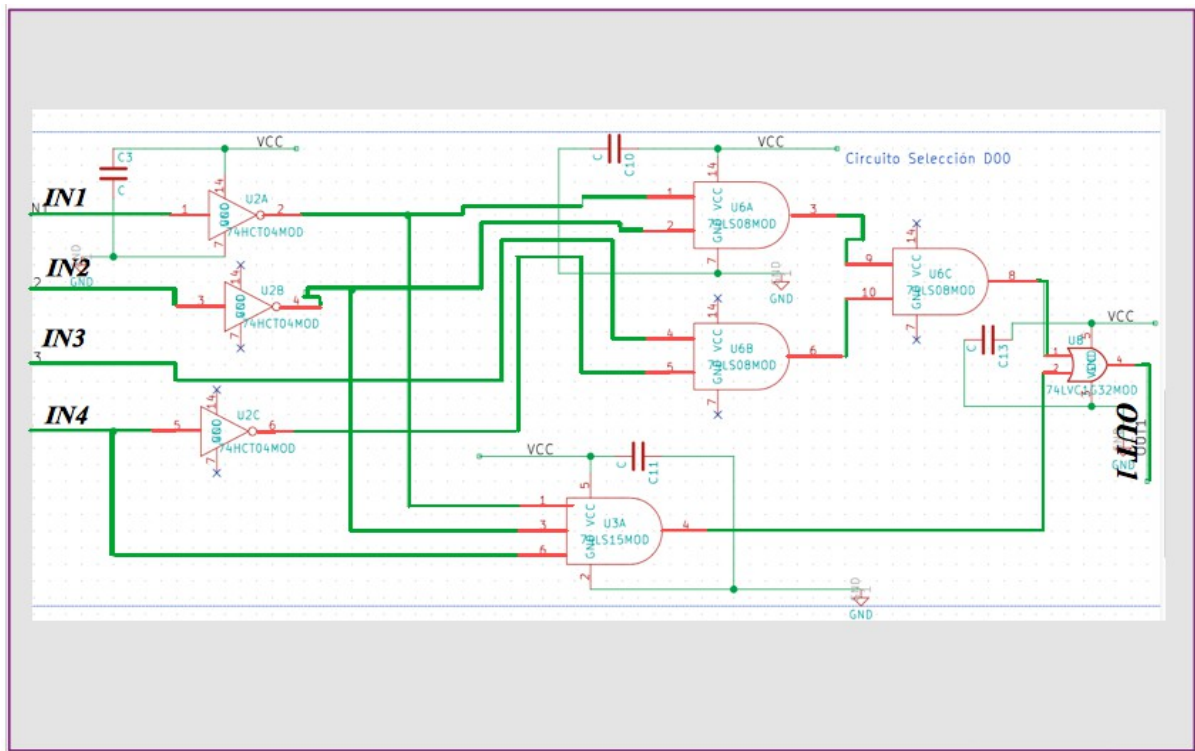
El fabricante nos da un valor nominal de potencia en el diodo zener, este valor es 300 mW.

MAXIMUM RATINGS			
Rating	Symbol	Max	Unit
Total Device Dissipation FR-4 Board, (Note 1) @ T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	300 2.4	mW mW/°C
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	R <sub>θJA</sub>	416	°C/W
Junction and Storage Temperature Range	T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	-65 to +150	°C

**Figura 102 : Potencia nominal del diodo zener.**

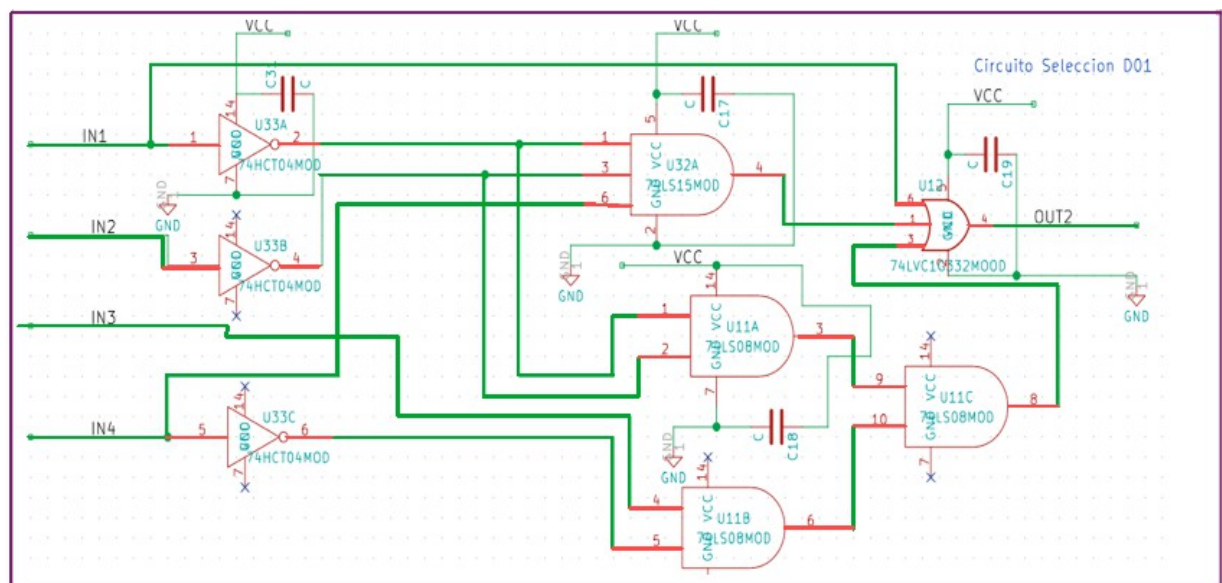
Para concluir el estudio del " Circuito 9 ", se sigue que los condensadores tienen la función de filtrado. El primer condensador es un condensador electrolítico y el segundo el un condensador cerámico, un condensador sirve para filtrar ruidos el alta frecuencia y el otro sirve para filtrar ruidos en baja frecuencia.

En el siguiente apartado del proyecto se tratará el estudio del " CIRCUITO 10 Circuito de Selección 1 D0 Del Multiplexor 1 ". La salida OUT1 irá conectada al terminal D0 del multiplexor de potencia 1, esta salida tendrá una tensión o bien de 3.3 voltios o bien de 0 voltios, en función de las necesidades del sistema. Estas necesidades del sistema lo determina la tabla de verdad de la Figura Tabla 2 : Funcionamiento de ambos multiplexores de potencia .El circuito que genera la señal de control D0 del Multiplexor 1 será :



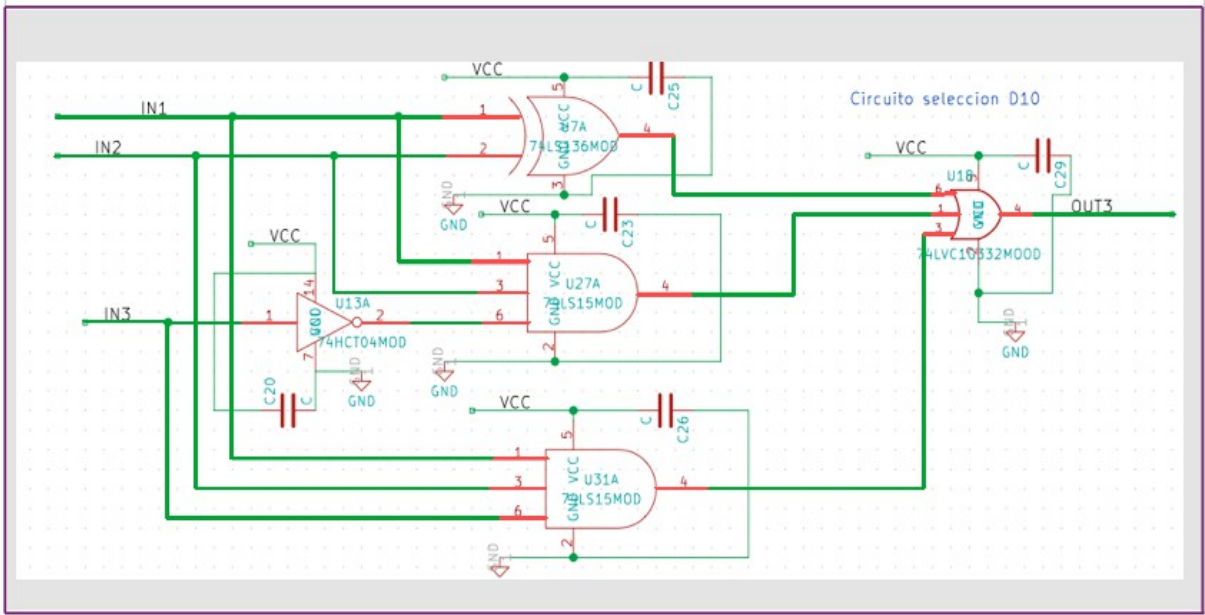
**Figura 103 : Circuito eléctrico de la señal de control D0 del Multiplexor 1.**

El circuito que genera la señal de control D1 del Multiplexor 1 será :



**Figura 104 : CIRCUITO 10 Circuito de Selección 1 D1 Del Multiplexor 1.**

La salida OUT2 generará una señal de control para el multiplexor 1, dicha señal irá conectada a la entrada D1 del multiplexor de potencia 1. A continuación se muestra el " *CIRCUITO 12 Circuito de Selección 3 D0 del Multiplexor 2* ":



**Figura 105 : CIRCUITO 12 Circuito de selección 3 D0 del Multiplexor 2.**

La salida OUT3 generará la señal de control para la entrada D0 del multiplexor de potencia 2. Esta señal será un nivel alto, es decir 3.3 voltios o un nivel bajo 0 voltios, es imprescindible tener en cuenta que valores de tensión interpreta el multiplexor como bajo o como nivel alto. A continuación se muestra dichos valores de tensión :

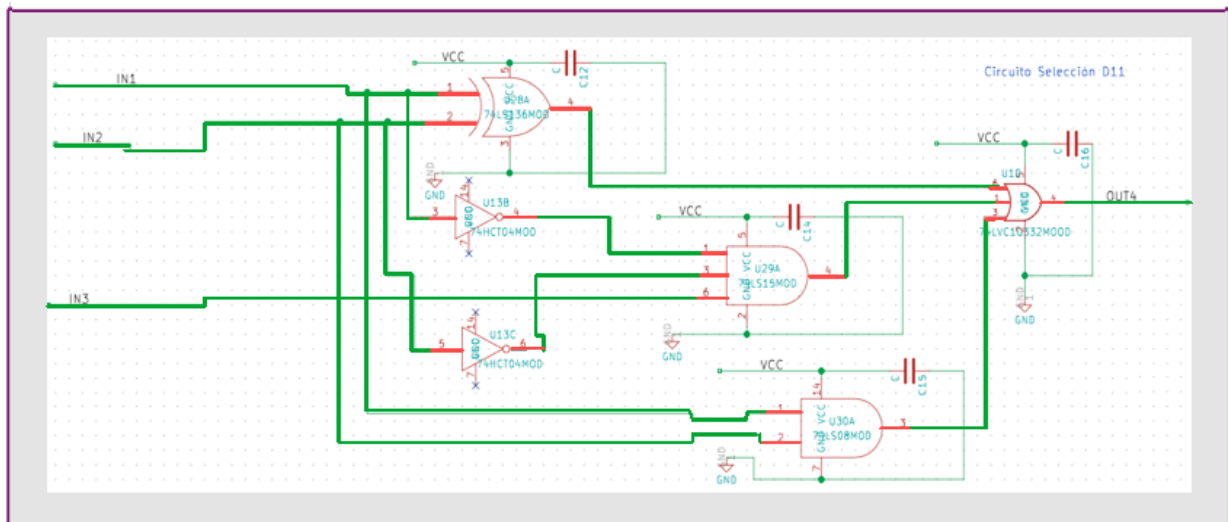
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Over recommended operating junction temperature,  $V_{I(IN1)} = V_{I(IN2)} = 5.5\text{ V}$ ,  $I_{O(OUT)} = 0\text{ A}$ , and  $R_{ILIM} = 400\text{ }\Omega$ , unless otherwise noted.

PARAMETER		TEST CONDITIONS	TPS2110A, TPS2111A			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
LOGIC INPUTS (D0 AND D1)						
High-level input voltage	V <sub>IH</sub>		2			V
Low-level input voltage	V <sub>IL</sub>		0.7			V

**Figura 106 : Niveles de tensión en el multiplexor de potencia.**

El nivel alto de tensión se interpreta a partir de 2 voltios, y nuestra señal de control para un nivel alto fijará una tensión de 3.3 voltios, por lo tanto se encuentra dentro del rango de valores. Para un nivel bajo de tensión, la tensión máxima que se podrá tener en el terminal D0 o D1 del multiplexor de potencia será de 0.7 voltios. La señal de control genera una tensión de cero voltios para un nivel bajo , por lo tanto se encuentra dentro del rango especificado. Por último, se muestra el " *CIRCUITO 13 Circuito de Selección 4 D1 del Multiplexor 2* " :



**Figura 107 : CIRCUITO 13 Circuito de Selección 3 D1 del Multiplexor 2.**

Se va a estudiar ahora la potencia puesta en juego en las puertas lógicas :

$$I_{cc} = (I_{cch} + I_{ccl} / 2) ;$$

$$PD = V_{CC} * I_{CC} = 3.3 \text{ V} * 10 \mu\text{A} = 33 \mu\text{W}$$

**Figura 108 : Potencia disipada por cada encapsulado, por cada circuito integrado.**

Como se puede apreciar el consumo de potencia de las puertas lógicas es sumamente bajo, de hecho la familia tecnológica de LVC MOS se caracteriza precisamente por eso, por tener un extremado bajo consumo, es con esta tecnología con la que se trabaja en el proyecto, está diseñada para trabajar con tensiones de alimentación de 3.3 V, con capacidad de carga y retardos de propagación similares a la familia CMOS convencionales.

La disipación de potencia se incrementa a medida que la velocidad de conmutación aumenta. El factor de carga de las puertas disminuye para frecuencias altas. La tecnología CMOS, "Complementary Metal - Oxide - Semiconductor", se trata de la utilización conjunta de transistores de tipo PMOS y de tipo NMOS configurados de una forma especial para que únicamente tengan efecto las corrientes parásitas a la hora de consumir energía del sistema. Este tipo de tecnología, está configurada para utilizar niveles cercanos a cero voltios para los niveles bajos y cercanos a la tensión de alimentación Vcc para niveles altos.

La familia CMOS se diferencia de la tecnología TTL básicamente en los siguientes puntos :

1. Ocupan mucho menos espacio físico en el sistema.
2. Poseen una muy buena inmunidad al ruido.

Se disipa muy poca potencia en el dispositivo . Son dispositivos de baja potencia, bajo consumo.

La familia CMOS posee una gran inmunidad al ruido [ 17 ] frente a alteraciones electromagnéticas del entorno o posibles alteraciones externas.

El ruido es un factor muy importante en el diseño de circuito electrónicos, esto podría modificar los valores de salida de los dispositivos ya que estos se ven alterados por ruidos externos que se suman a la información del circuito y puede verse modificados los valores esperados. El ruido puede aparecer por diversos motivos, uno de ellos por factores externos al circuito, ruidos que pueden aparecer por alteraciones electromagnéticas, radios, "wifis" o cualquier otro dispositivo que emite radiación y esta se acopla a la información del sistema. Otra posible opción de ruido es aquel que aparece por proximidad entre las pistas o las capacidades internas del circuito. Si se trabaja en el sistema con valores muy cercanos al margen de ruido tolerable e impuesto por el fabricante es probable que el sistema no funcione como lo esperado, es por ello que se debe trabajar teniendo en cuenta un cierto margen de ruido para evitar problemas inesperados.

$$\begin{aligned} \text{Margen de ruido a nivel alto :} \\ V_{HIGH} - NOISE &= V_{OHMIN} - V_{IHMIN} \\ &= V_{OHMIN} - V_{IHMIN} = 2.4 V - 2V = 0.4 V \end{aligned}$$

*Figura 109 : Margen de ruido a nivel alto.*

$$\begin{aligned} \text{Margen de ruido a nivel bajo :} \\ V_{LOW} - NOISE &= V_{ILMÁX} - V_{OLMÁX} \\ &= 0.8V - 0.4 V = 0.4 V \end{aligned}$$

*Figura 110 : Margen de ruido a nivel bajo.*

El ruido es el máximo voltaje de ruido adicional permitido en una señal de entrada de un circuito digital, de tal forma que no cause un cambio indeseable en la salida del circuito. Este ruido se puede dar por varios factores :

- Por offset ; desplaza el origen de la señal original.
- Interferencias Electromagnéticas; Señales indeseadas electromagnéticas que se acoplan al sistema y que normalmente han sido generadas por otros sistemas.
- El ruido intrínseco ; se generan internamente en los distintos dispositivos electrónicos por diferentes fenómenos externos.

## *Capítulo 5*

### *Software Kicad*

#### **5.1. Introducción al capítulo:**

##### **Software Kicad para diseño de placa PCB.**

En este capítulo se van a tratar varios aspectos relacionados con :

- El diseño de la placa PCB apoyándose en el software libre llamado Kicad. Dentro de este punto se tratará de explicar el funcionamiento del sistema completo, explicando el funcionamiento del software dentro de este : primero se realizará un esquemático del sistema, a continuación se elegirán los componentes del mismo, tercero se seleccionará las huellas de los componentes en función del fabricante escogido.
- En este segundo punto del capítulo se realizará el enrutamiento de todos los componentes y se configurará la placa física. Se explicará el apartado PCB New del Software, que es utilizado para colocar los componentes sobre la placa física, enrutarlos entre sí. Tiene también una opción de vista en 3D.
- En el último apartado del sistema se hará un estudio de las corrientes de fluyen por cada componente, al igual que las tensiones del mismo. Se hará un análisis de las potencias soportadas por todos los componentes del sistema , así como la potencia nominal que pueden soportar los mismos.

Una placa PCB es una placa de circuito impreso compuesta por distintos componentes de montaje superficial, distintas pistas o buses de un material semiconductor. En el proyecto se ha utilizado cobre para rutear las pistas de la PCB, estas pistas tienen o poseen la capacidad de transportar energía a través de ellas para alimentar o realizar algún tipo de función sobre los distintos dispositivos de sistema.

La base se utiliza para en primer lugar, sostener los distintos componentes del sistema y en segundo lugar conectar eléctricamente todos los componentes existentes en la placa. Como se ha tratado anteriormente, las pistas son de cobre, un material conductor de la electricidad, sin embargo la propia placa se realiza de fibra de vidrio o plástico. En la placa PCB coexisten varios tipos de componentes, dependiendo de su tamaño, de su número de pines, de su funcionalidad en el sistema. Además se encuentran también algunos componentes especiales como pueden ser los conectores, incluidos aquí el conector hembra de entrada de red, y el rectificador de ac / dc.

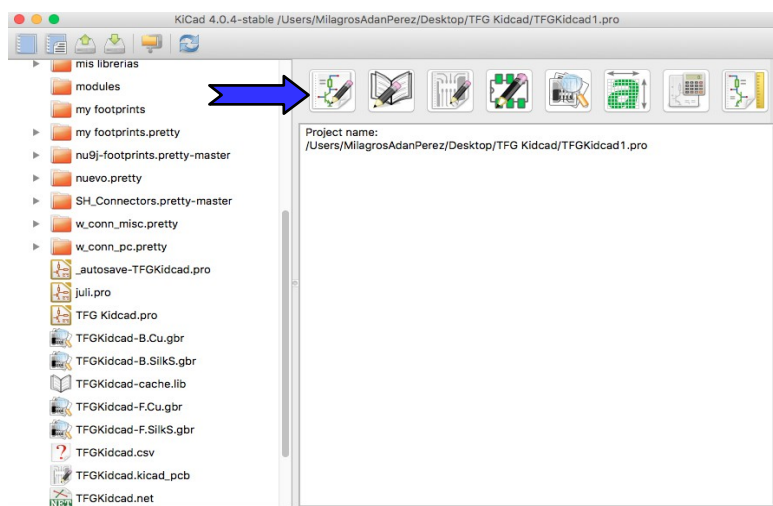
Las huellas de los componentes se tienen que elegir en función del componente seleccionado, fijándose en la hoja de características del fabricante. Las huellas suelen tener una pequeña orgura para poder solar el componente con cierto margen de espacio, ya que en el proyecto la soldadura se realizará a mano. Existen muchos tipos de huellas o también llamadas " footprints ", dependiendo del tamaño y del número de pines se llaman de distinta forma, más adelante del proyecto se analizará. En el trabajo realizado cabe destacar que el montaje PCB puede soportar un gran número de encapsulados. Se montará sobre una PCB :

- Un conector hembra de red.
- Un rectificador ac / dc.
- Dos multiplexores de potencia.
- Puertas Lógicas.
- Condensadores.
- Resistencias.
- Conectores de varias patillas.
- Diodos Zener.
- Diodos Semiconductores.
- Condensadores de Desacoplo.

## 5.2. Funcionamiento del Software :

Se desarrollarán varios puntos en este apartado, se tratará los distintos aspectos del software que el diseñador debe manejar para poder realizar una placa PCB :

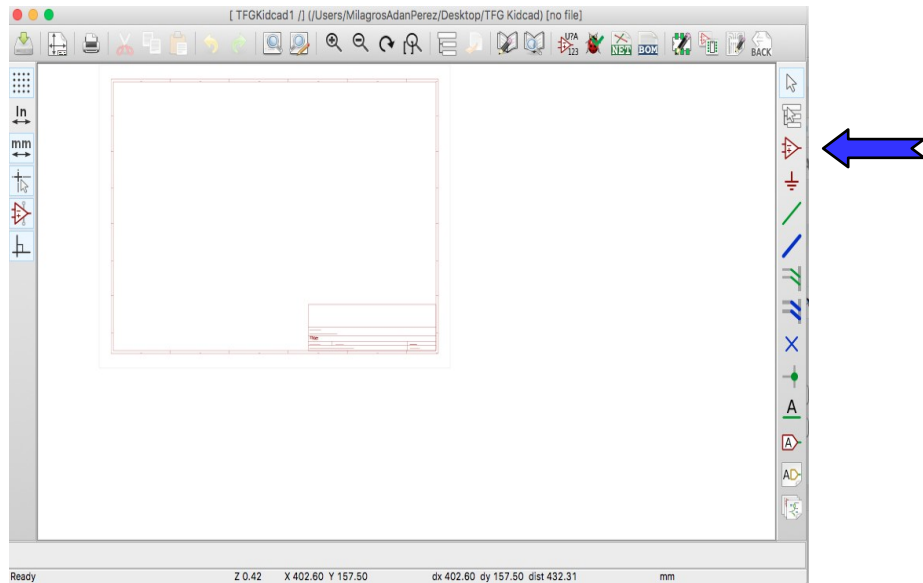
- Para crear un nuevo Proyecto : Archivo , Nuevo Proyecto, y se busca una carpeta donde se quiere posicionar el proyecto ; se crea una nueva carpeta y se elige un nombre del proyecto.
- Manager Kicad : Es un apartado de ayuda del sistema, para realizar el proyecto, contiene todos los iconos para las subaplicaciones, uno para el esquemático , otro para el diseño de módulos de componentes y el siguiente icono nos permite hacer el PCB y el icono Gerview para la lista de componentes necesarios.
- Se empieza entonces por realizar el primer punto del apartado; Crear el esquemático ( Schematic ); definimos lo que va a ser el circuito eléctrico en sí, es decir se deber elegir los componentes elegidos, por ejemplo, un diodo zener, un muliplexor, una resistencia, y se va configurando el esquema eléctrico. Este esquema es solo una configuración simbólica, aún no se ha hecho la selección del fabricante real del componente.



**Figura 111 : Abrir Esquemático.**

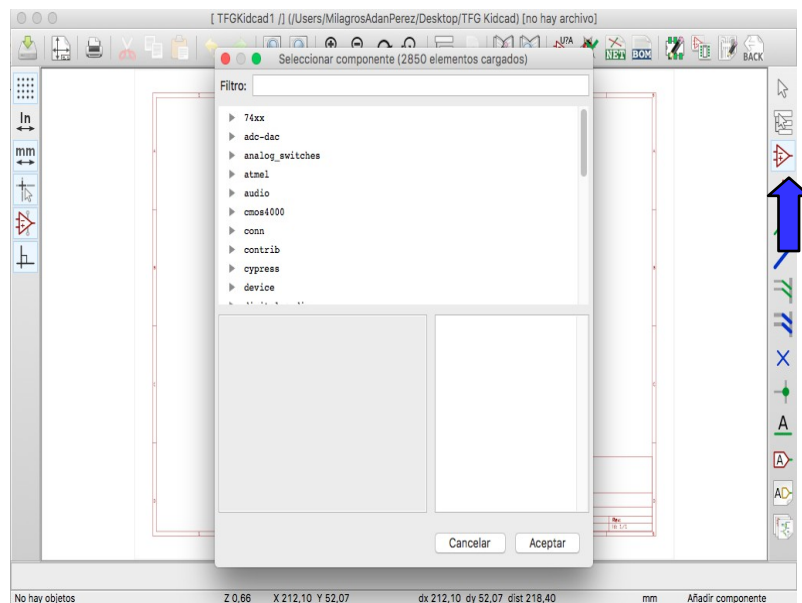


- Por consiguiente, se hace click sobre el icono señalado en la Figura 112 , se abre una pestaña donde podemos seleccionar todos los componentes que se necesiten para el diseño . En la siguiente Figura se muestra la pestaña del esquemático :



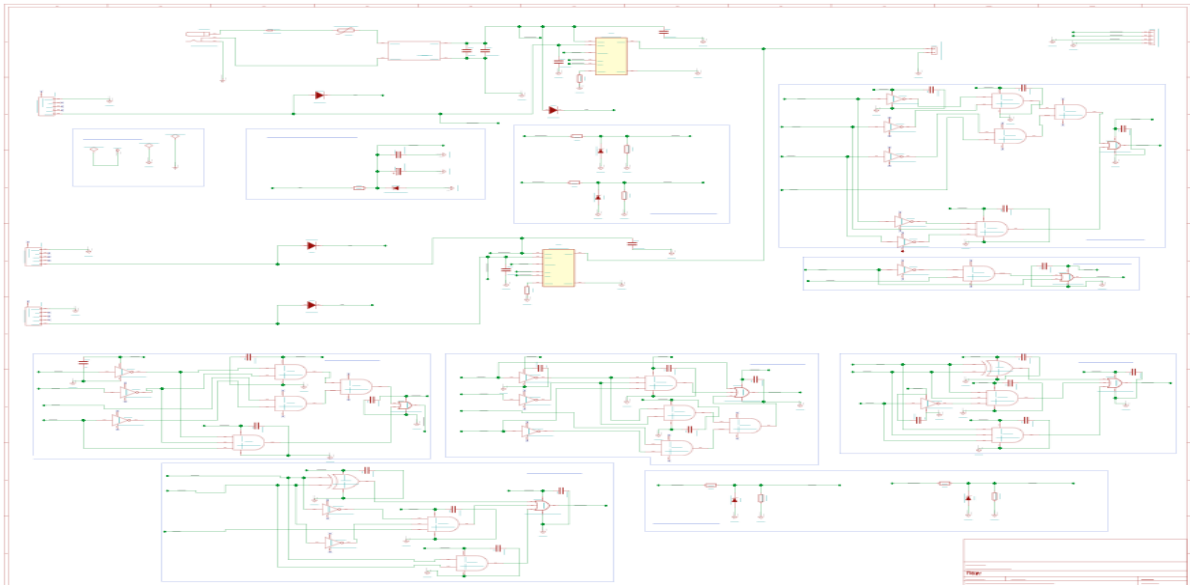
**Figura 112 : Creación del esquemático.**

- En la flecha azul de la Figura 113 se señala el icono para seleccionar componente. En el submenú de la izquierda se puede seleccionar o bien trabajar en pulgadas o bien en milímetros. En el icono marcado se puede acceder a todas las librerías, por ejemplo se puede buscar la librería de Power para encontrar las alimentaciones necesarias, también se puede crear nuevas tensiones o usar las existentes. También se puede filtrar y hacer una búsqueda para encontrar componente como se muestra en la siguiente figura :



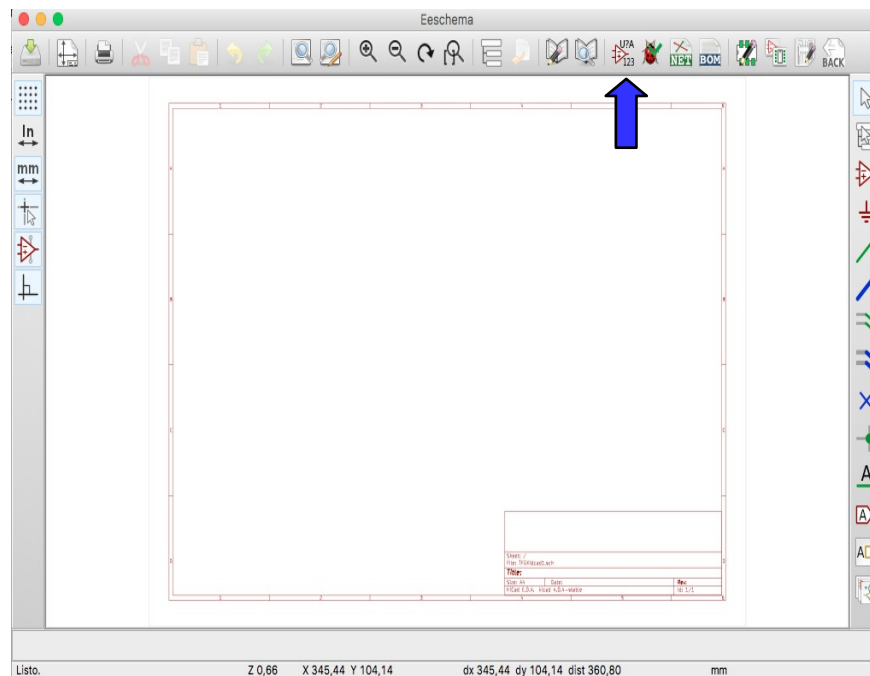
**Figura 113: Filtrar para búsqueda de componentes.**

- Ya elegidos los componentes en el esquemático, se muestra en la siguiente Figura el esquemático terminado de el proyecto de un sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia. En esta Figura 114 se incluye dicha figura también en el anexo de planos del proyecto para poder visualizarlo mejor.



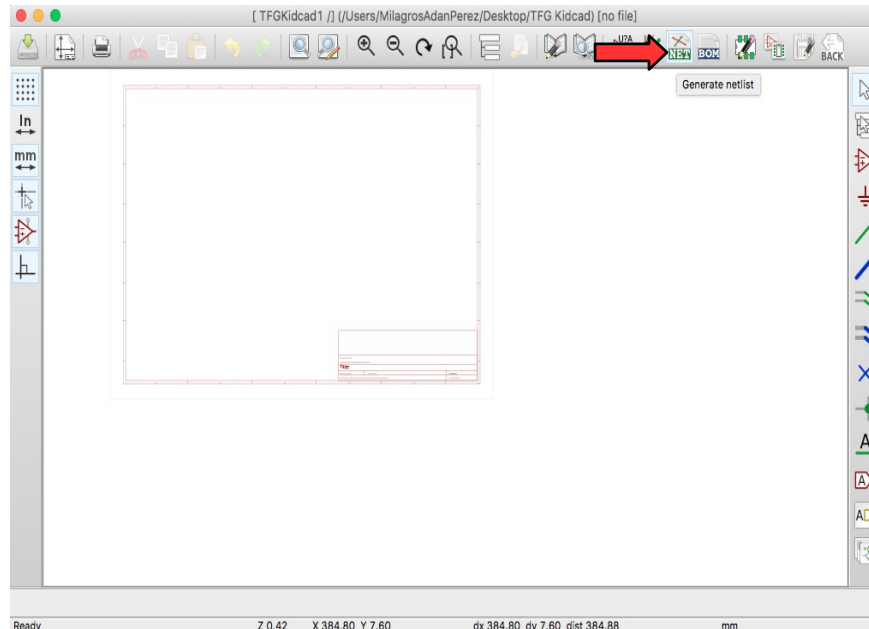
**Figura 114 : Esquemático del proyecto.**

- Una vez creado el esquemático, se irá al icono de " Anotar componentes del Esquema ", tiene la función de darle nombre y valor a cada componente en orden igual que el de la escritura convencional, de arriba a abajo y de izquierda a derecha, aunque se puede modificar.



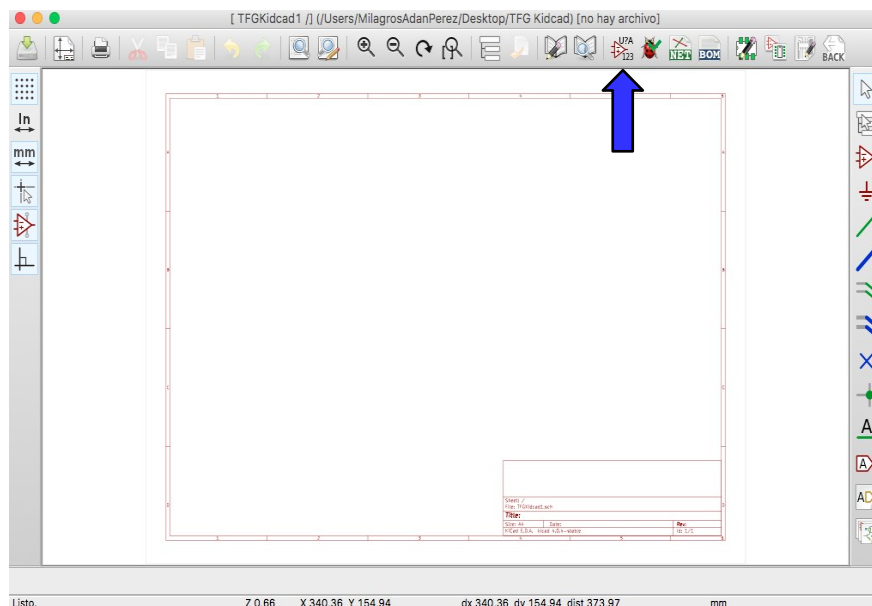
**Figura 115 : Anotar componentes.**

- Después de poner nombre a cada componente, se generará la Net List, es decir una lista donde se especificará todas las interconexiones entre los distintos componentes del esquemático. Esta lista muestra qué componentes están conectados con qué componentes. Cuando se haya terminado de realizar el esquemático, le damos al icono Net List. En la siguiente Figura se muestra el icono Net List para generar el archivo. El icono marcado por la flecha roja, dirá si existen errores de conexión en el esquemático, que las conexiones tengan un cierto sentido y que las conexiones cumplen unas reglas determinadas. Por ejemplo un error sería, no se puede conectar dos pines de salida. Cada pin tiene una función y sino se cumple dicha, puede dar problemas.



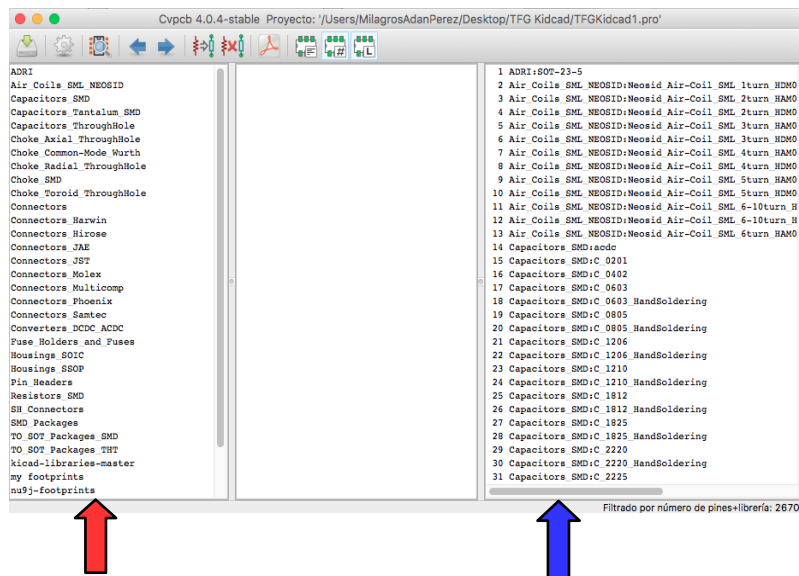
**Figura 116 : Generar el Net List.**

- Una vez generada la Net List, se debe ir al icono de " Ejecutar CvPcb para asociar componentes y huellas ". En este icono seremos capaces de asociar a cada componente una huella o modulo que estará incluido o no dentro de las librerías que incluye el programa Kicad por defecto, por norma general todos los componentes están incluidos dentro del programa, sino es así se puede acudir a internet, ya que el programa es de software libre, donde los usuarios incluyen huellas adicionales.



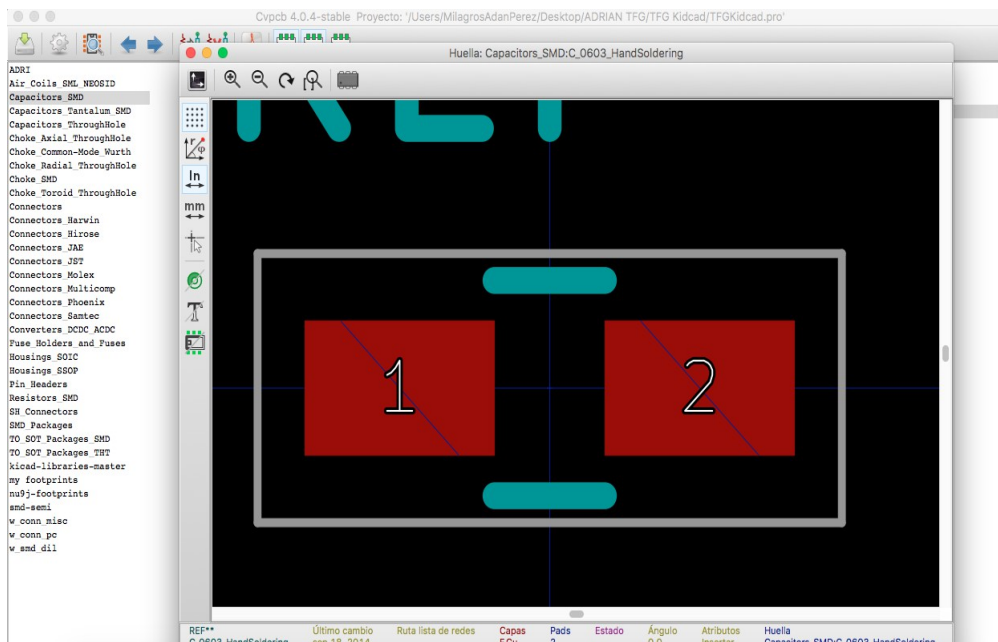
**Figura 117 : Asociar componentes y huellas.**

- Cuando se abra la pestaña saldrá una ventana como la de la Figura 118 donde se podrá elegir a cada componente su huella. En la flecha roja aparecen todas las librerías incluidas en el programa, y a la derecha se incluyen todas las distintas huellas de los componentes.



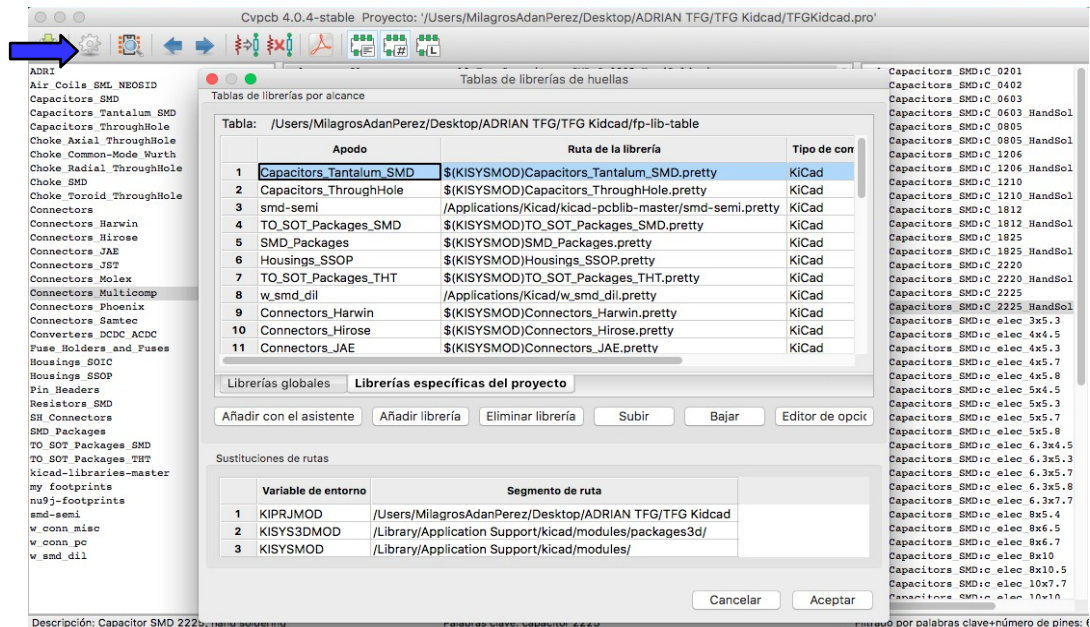
**Figura 118 : Selección de librerías y componentes.**

- A continuación se muestra en la Figura 119, una huella de un posible componente. Se debe asegurar el diseñador que la huella del programa coincide con la huella del fabricante en dimensiones, para que a la hora de ser fabricando se pueda acoplar de manera fácil al sistema. Se debe pulsar el icono "Mostrar huella seleccionada".



**Figura 119 ; Huella de un condensador SMD 0603.**

- En el programa existen varias librerías por defecto, en consecuencia existen varias huellas para distintos componentes, pero existe la posibilidad de que el proyecto creado tenga huellas que no están en las librerías por defecto, por lo tanto, se tienen que añadir librerías. Una de las formas de añadir librerías es bajando dichas librerías de internet y añadirlas al proyecto. Al ser Kicad un software libre, se pueden añadir librerías creadas por distintos usuarios. En la Figura 120 se muestra cómo añadir nuevas librerías de huellas al proyecto.



**Figura 120 ; Añadir librerías al proyecto.**

Para añadir librerías se debe pulsar en el icono señalado con la flecha azul de la Figura 106. A continuación, se pulsa en la pestaña " Añadir con el asistente ".

De donde se sigue que una vez seleccionados todos los componentes del sistema, se muestra en la Figura 121 todas las huellas seleccionadas para los distintos dispositivos. Todos los componentes son de la tecnología SMD, exceptuando los "Through Hole" que son : el conector hembra de red eléctrica, el rectificador y los conectores de dos y cuatro patillas cada uno.

1	C1 -	10nF : Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
2	C2 -	10uF : Capacitors_Tantalum_SMD:TantalC_SizeA_EIA-3216_HandSoldering
3	C3 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
4	C4 -	1uF : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
5	C5 -	220uF : Capacitors_Tantalum_SMD:TantalC_SizeD_EIA-7343_HandSoldering
6	C6 -	0,1uF : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
7	C7 -	0,1uF : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
8	C8 -	0,1uF : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
9	C9 -	0,1uF : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
10	C10 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
11	C11 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
12	C12 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
13	C13 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
14	C14 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
15	C15 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
16	C16 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
17	C17 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
18	C18 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
19	C19 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
20	C20 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
21	C21 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
22	C22 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
23	C23 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
24	C24 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
25	C25 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
26	C26 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
27	C27 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
28	C28 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
29	C29 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
30	C31 -	C : Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
31	CON1 -	BARREL JACK : Capacitors_SMD:acdc
32	D1 -	ZENER : smd-semi:SOD-323
33	D2 -	ZENER : smd-semi:SOD-323
34	D3 -	ZENER : smd-semi:SOD-323
35	D4 -	ZENER : smd-semi:SOD-323
36	D7 -	DIODE : kicad-libraries-master:LED-3x2
37	D8 -	DIODE : kicad-libraries-master:LED-3x2
38	D9 -	DIODE : kicad-libraries-master:LED-3x2
39	D10 -	DIODE : kicad-libraries-master:LED-3x2
40	D11 -	ZENER 3,3V : smd-semi:SOD-323
41	FUSE1 -	1A/250V : Capacitors_SMD:C_2225_HandSoldering
42	P1 -	USB_OTG : kicad-libraries-master:USB-MINI-B-SMD
43	P2 -	USB_OTG : kicad-libraries-master:USB-MINI-B-SMD
44	P3 -	USB_OTG : kicad-libraries-master:USB-MINI-B-SMD
45	P4 -	CONN_01X02 : Pin Headers:Pin Header Straight 1x02
46	P5 -	CONN_01X04 : Pin Headers:Pin Header Straight 1x04
47	R1 -	400 : Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering
48	R2 -	1K : Resistors_SMD:R_2010_HandSoldering
49	R3 -	400 : Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering



35	D4 -	ZENER : smd-semi:SOD-323
36	D7 -	DIODE : kicad-libraries-master:LED-3x2
37	D8 -	DIODE : kicad-libraries-master:LED-3x2
38	D9 -	DIODE : kicad-libraries-master:LED-3x2
39	D10 -	DIODE : kicad-libraries-master:LED-3x2
40	D11 -	ZENER 3,3V : smd-semi:SOD-323
41	FUSE1 -	1A/250V : Capacitors SMD:C 2225 HandSoldering
42	P1 -	USB_OTG : kicad-libraries-master:USB-MINI-B-SMD
43	P2 -	USB_OTG : kicad-libraries-master:USB-MINI-B-SMD
44	P3 -	USB_OTG : kicad-libraries-master:USB-MINI-B-SMD
45	P4 -	CONN 01X02 : Pin Headers:Pin Header Straight 1x02
46	P5 -	CONN 01X04 : Pin Headers:Pin Header Straight 1x04
47	R1 -	400 : Resistors SMD:R 0805 HandSoldering
48	R2 -	1K : Resistors SMD:R 2010 HandSoldering
49	R3 -	400 : Resistors SMD:R 0805 HandSoldering
50	R4 -	100K : Resistors SMD:R 2010 HandSoldering
51	R5 -	1K : Resistors SMD:R 2010 HandSoldering
52	R6 -	100K : Resistors SMD:R 2010 HandSoldering
53	R7 -	1K : Resistors SMD:R 2010 HandSoldering
54	R8 -	1K : Resistors SMD:R 2010 HandSoldering
55	R9 -	1K : Resistors SMD:R 1206 HandSoldering
56	R10 -	100K : Resistors SMD:R 2010 HandSoldering
57	R11 -	100K : Resistors SMD:R 2010 HandSoldering
58	TH1 -	THERMISTOR : Resistors SMD:R 1206 HandSoldering
59	U1 -	ACDC1 : Converters DCDC ACDC:ACDC-Converter TRACO-TMLM-05
60	U2 -	74HCT04MOD : kicad-libraries-master:TSSOP14
61	U3 -	74LS15MOD : TO_SOT_Packages_SMD:SOT-23-6 Handsoldering
62	U4 -	TPS2111A : Housings_SSOP:TSSOP-8 4.4x3mm Pitch0.65mm
63	U5 -	TPS2111A : Housings_SSOP:TSSOP-8 4.4x3mm Pitch0.65mm
64	U6 -	74LS08MOD : kicad-libraries-master:TSSOP14
65	U7 -	74LS136MOD : ADRI:SOT-23-5
66	U8 -	74LVC1G32MOD : ADRI:SOT-23-5
67	U9 -	74HCT04MOD : kicad-libraries-master:TSSOP14
68	U10 -	74LVC1G332MOD : TO_SOT_Packages_SMD:SOT-23-6 Handsoldering
69	U11 -	74LS08MOD : kicad-libraries-master:TSSOP14
70	U12 -	74LVC1G332MOD : TO_SOT_Packages_SMD:SOT-23-6 Handsoldering
71	U13 -	74HCT04MOD : kicad-libraries-master:TSSOP14
72	U14 -	74LS15MOD : TO_SOT_Packages_SMD:SOT-23-6 Handsoldering
73	U15 -	74LS08MOD : kicad-libraries-master:TSSOP14
74	U16 -	74LVC1G32MOD : ADRI:SOT-23-5
75	U17 -	74LVC1G32MOD : ADRI:SOT-23-5
76	U18 -	74LVC1G332MOD : TO_SOT_Packages_SMD:SOT-23-6 Handsoldering
77	U27 -	74LS15MOD : TO_SOT_Packages_SMD:SOT-23-6 Handsoldering
78	U28 -	74LS136MOD : ADRI:SOT-23-5
79	U29 -	74LS15MOD : TO_SOT_Packages_SMD:SOT-23-6 Handsoldering
80	U30 -	74LS08MOD : kicad-libraries-master:TSSOP14
81	U31 -	74LS15MOD : TO_SOT_Packages_SMD:SOT-23-6 Handsoldering
82	U32 -	74LS15MOD : TO_SOT_Packages_SMD:SOT-23-6 Handsoldering
83	U33 -	74HCT04MOD : kicad-libraries-master:TSSOP14

**Figura 121 : Huellas de todos los componentes.**

El siguiente punto es, una vez seleccionadas todas las huellas de todos los componentes, se debe ahora ubicar todos los componentes en la placa PCB. Una vez colocados todos los componentes, el diseñador puede acudir a la opción de " Enrutar automáticamente " todos los componentes, pero en el proyecto no va a suceder esto, el diseñador debe situar todas las huellas de forma manual, esto evitará muchos futuros problemas, ya que la opción de enrutado automático no es fiable, el programa enruta de la mejor manera que puede, pero siempre se deja pistas sin conectar . No solo ese es el problema , sino que además el diseñador debe seleccionar de forma adecuada el ancho de cada pista, por lo tanto el enrutado automático no es la mejor opción.

Se muestra en la Figura 122 la pestaña de diseño Pcb New que facilita el diseño de la placa PCB.

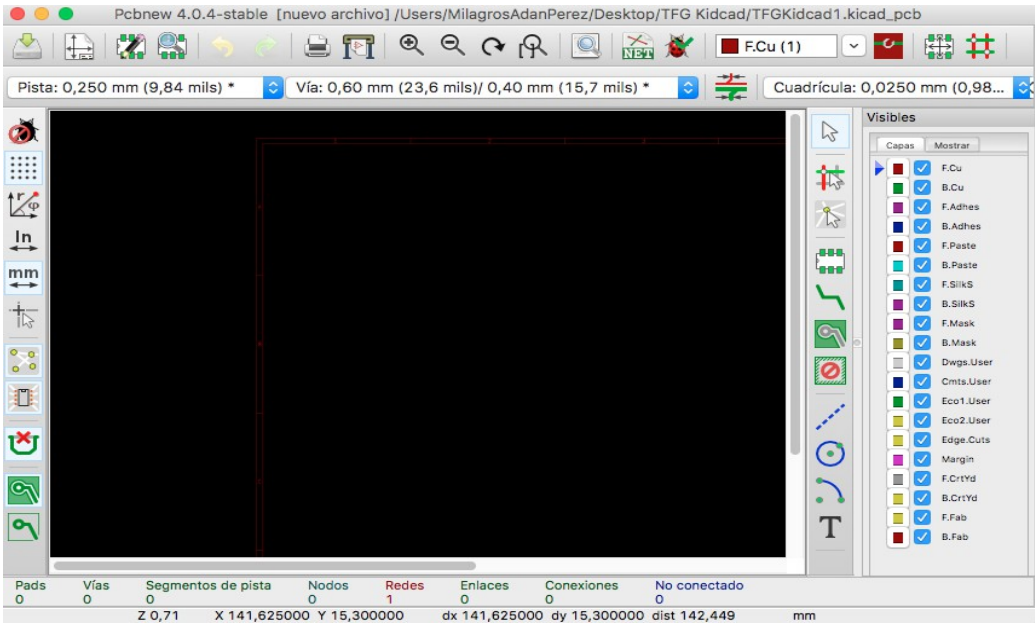


Figura 122 : Pcb New.

En la barra de la derecha se puede mostrar las distintas capas que tenga la PCB, haciendo "click" en cada una de las casillas ; cada tipo de conexión tiene un color determinado. Lo primero que se debe hacer es indicar de cuántas capas será la placa, en el caso del proyecto será de 2 capas, una superficial que estará formada por los componentes y pistas, y una capa por debajo que incluirá pistas y una forma geométrica para la masa del sistema. Para configurar las capas, se debe acceder a la pestaña " Reglas de diseño ", seguido de " Configurar capas ", es aquí donde se pueden configurar en número de capas del diseño, Figura 123.

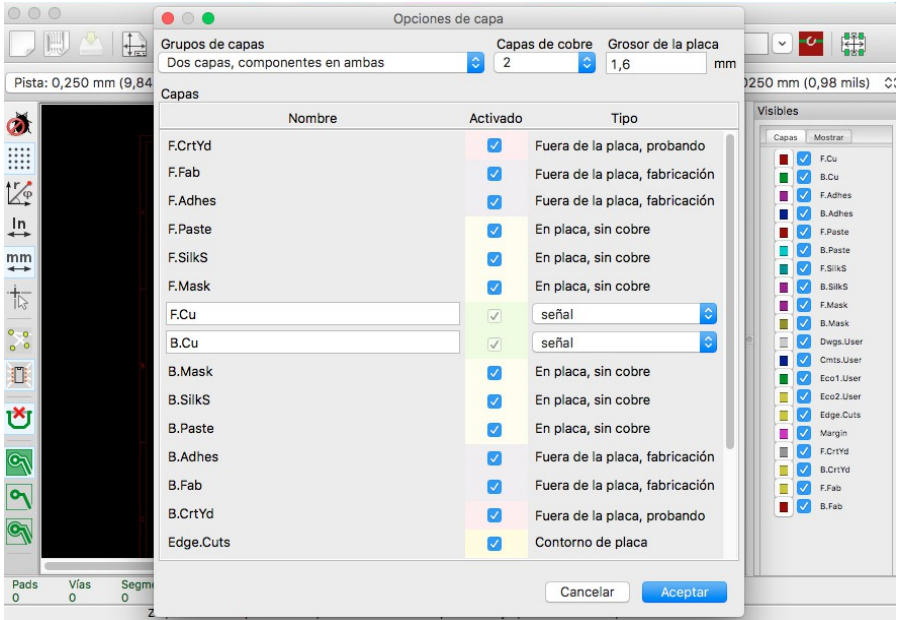


Figura 123 : Configurar el número de capas.

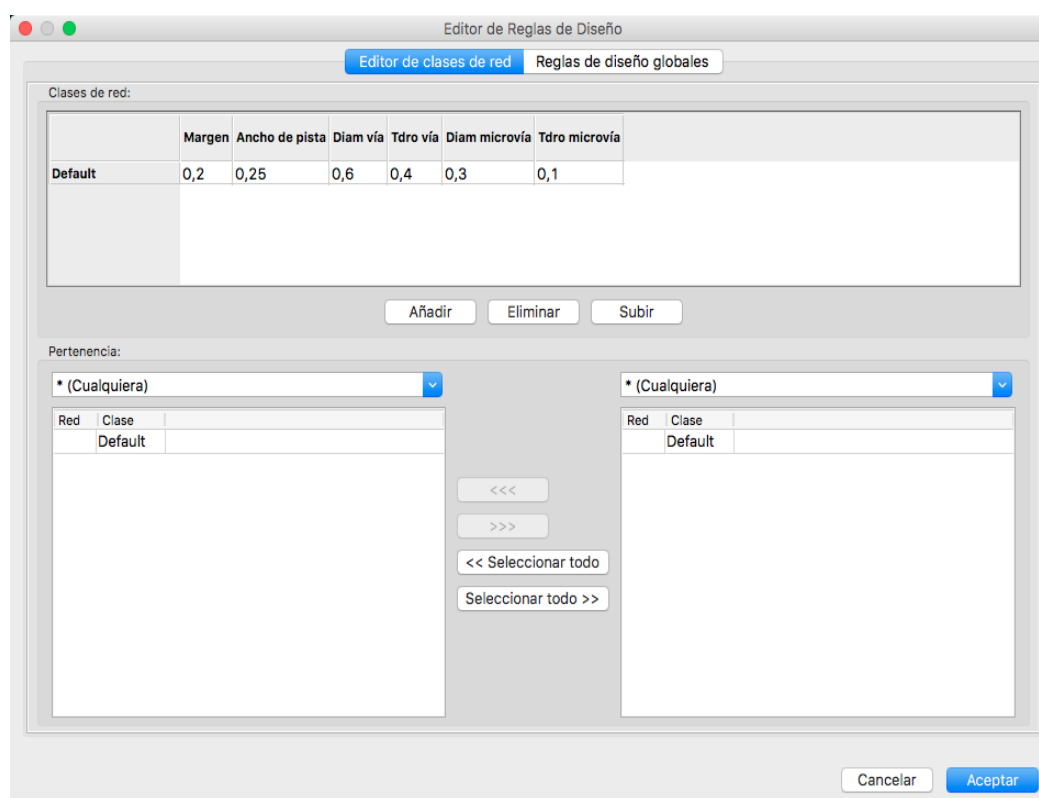


Es importante seleccionar el ancho de pistas en función de las necesidades del diseño y en función de la corriente que fluye por los componentes que integran la placa. Para poder seleccionar el ancho de pista y la configuración de las pistas, se debe acudir a la pestaña "Reglas de diseño", seguido de "Reglas de diseño". En el caso del proyecto, se utilizan pistas de :

1. 0.2 mm ; corresponderá a una corriente máxima de 0.7 amperios.
2. 0.3 mm ; corresponderá a una corriente máxima de 1 amperio.
3. 0.4 mm ; corresponderá a una corriente máxima de 1.23 amperios.

Se seleccionará en esta pestaña también , el diámetro de los taladros. En el proyecto se ha utilizado diámetros de los taladros con las siguientes dimensiones :

1. De 1 mm el agujero y la circunferencia exterior de 1.80 mm, dejando un espacio de 0.4 para el paso de la corriente.
2. De 0.80 mm y la circunferencia exterior de 1.20 mm, dejando un espacio de 0.2 para el paso de la corriente.



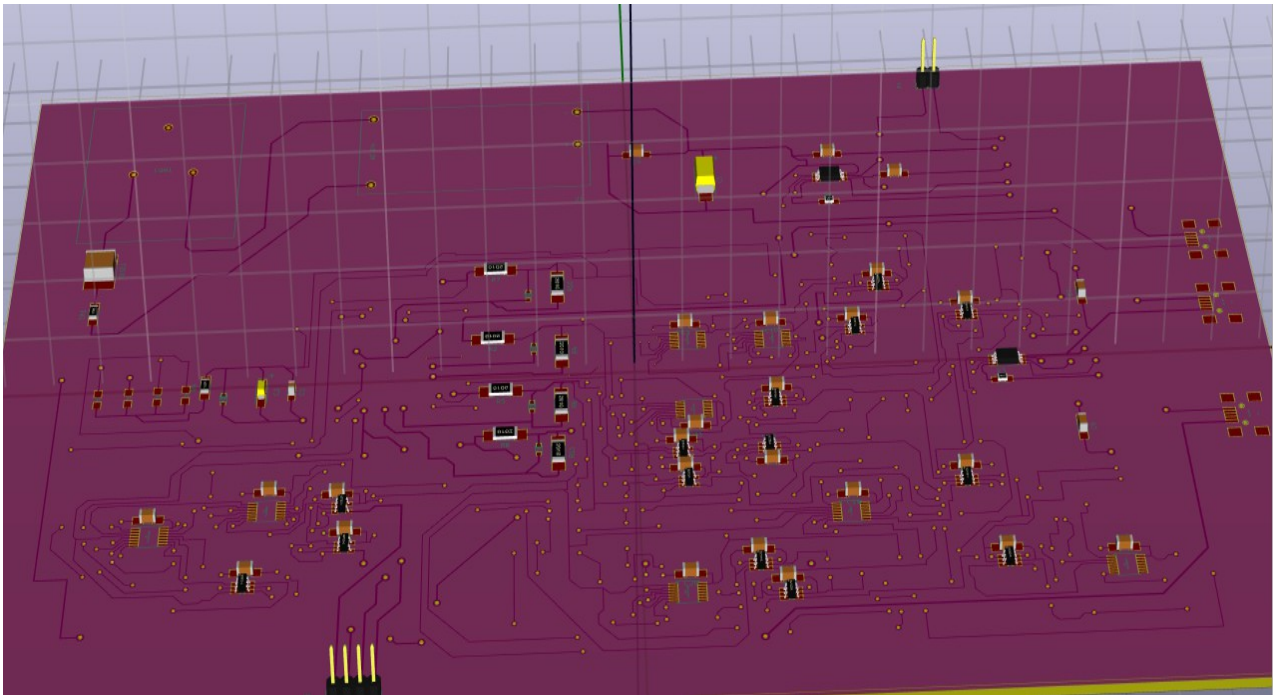
**Figura 124 : Configuración de las reglas de diseño.**

Por lo tanto, ahora se debe posicionar todos los componentes del sistema en la placa PCB, y enrutar todos los dispositivos con sus pistas y vías en función de la corriente que pase por ellos. Es importante tener en cuenta que el bloque de potencia, donde se incluye el conector hembra de la red y el rectificador , deben tener una configuración especial , ya que es por donde circulará mayor corriente . Es así que en este bloque se han utilizado pistas de ancho 0.4 milímetros, corresponderá entonces a una corriente máxima de 1.23 amperios. Es importante destacar que en la zona del bloque de potencia, no es conveniente cruzar ninguna pista, y es importante aislar esta zona del resto del circuito. Así pues esta zona de potencia debe ser aislada para impedir que las interferencias infieran en la parte digital del sistema. En esta siguiente Figura 125, se muestra el diseño Pcb realizado para el sistema del proyecto.

Para generar la vista en 3D una vez se termine de crear el PcbNew, se debe ir a la pestaña " Ver " y ir a " Visor 3D ", se muestra en la Figura 109.

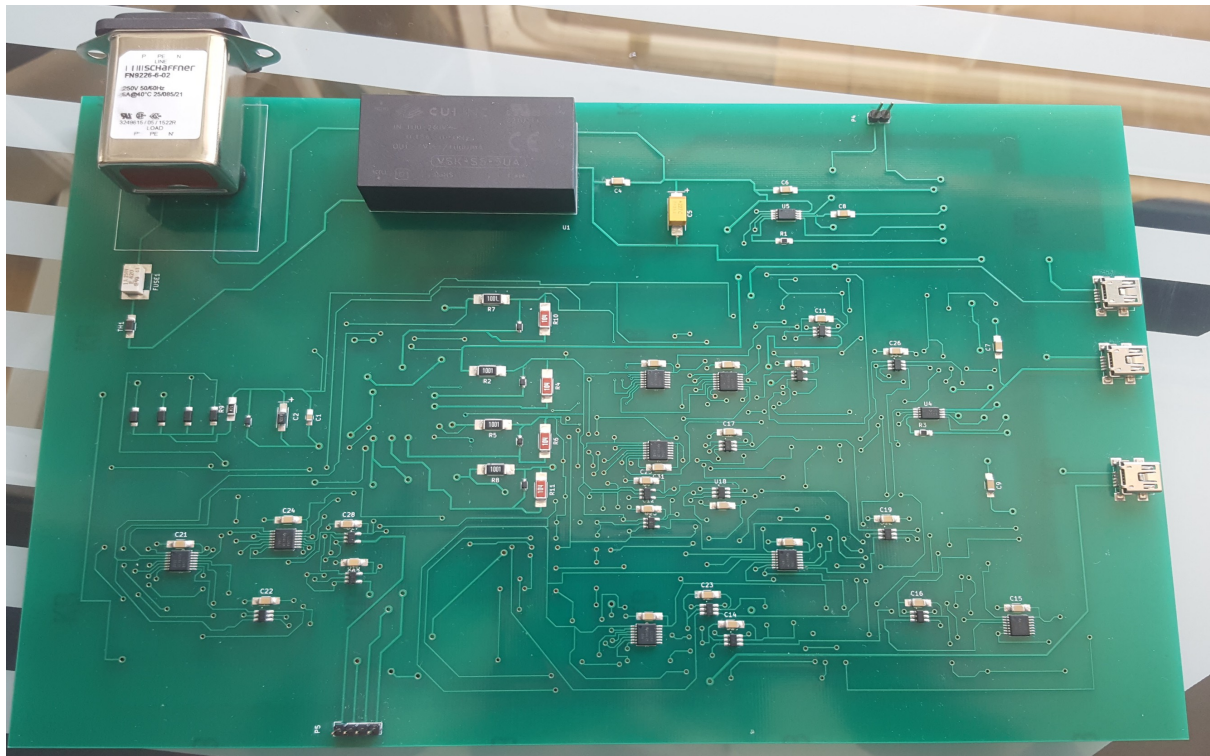


En la Figura 127, se enseña la vista 3D , pero desde otro ángulo.



*Figura 127 ; Vista 3D de la placa PCB II.*

Ahora se muestra la placa real en la Figura 128 ;



*Figura 128 ; Placa real PCB.*

El programa también nos presta la opción de visualizar los componentes que se crean mediante una opción visual nueva, lo podemos importar en Open Scada, o en cualquier otro programa de diseño de 3D. Otra ventaja de Kicad es que se puede seleccionar el grid a 0.1 para que las pistas no sean demasiado finas. Se selecciona la pista que yo quiero enrutar y las demás pistas no se desplazan, de modo que se puede enrutar la propia pista, me permite como diseñador no tener problemas de cortocircuitos, ni que se toquen las pistas entre ellas, esto es algo infinitamente bueno y útil.

En el proyecto del sistema de alimentación ininterrumpido para dispositivos de baja potencia, todos los componentes exceptuando cuatro componentes tienen un montaje superficial SMD. Los terminales Through Hole son :

- Conector Hembra de red.
- Rectificador AC / DC.
- Conector 1x2.
- Conector 1x4.

## ***Capítulo 6***

### ***Ensamblaje y prueba de funcionamiento***

#### **6.1. Introducción al capítulo.**

En este último capítulo se tratará el ensamblaje y soldadura de todos los componentes y además se realizará la prueba de funcionamiento de todo el conjunto del sistema. Primero se realizará la prueba con la placa PCB diseñada, el sistema de alimentación ininterrumpida. Seguido se hará la prueba del conjunto, añadiendo el gestor de energía MAX 8662. Por último se llevará a cabo simulaciones de funcionamiento. Primero se deben ensamblar todos los componentes a la placa PCB. Se ha de tener en cuenta que los componentes son de reducido tamaño, por lo que se necesitan los siguientes materiales :

1. Lupa.
2. Soldador.
3. Rollo de estaño.
4. Flux.
5. Malla o cinta para soldar.

La lupa es necesaria para poder ver mejor el componente, y situarlo en su huella correspondiente. El soldador debe tener una punta fina para poder ajustar mejor la soldadura y quemar el estaño suficiente. Es conveniente tener un estaño de buena calidad con plomo para poder soldar con mayor facilidad. Se debe tener también cinta para soldar, esta es necesaria para cuando se hace algo mal o se tiene un exceso de estaño en la soldadura, esta cinta también es llamada malla de soldadura .

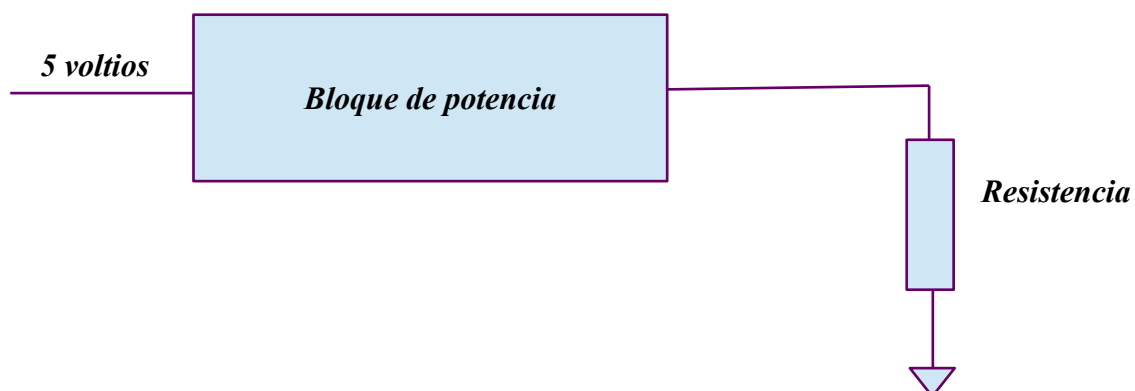
El líquido Flux quita el óxido y ayuda a soldar y a mejorar la soldadura, aunque el estaño ya tiene flux incorporado internamente. Por último es importante tener unas pinzas para poder coger el componente y situarlo en el lugar adecuado. Se tienen varios encapsulados para soldar, el más complicado de soldar es el encapsulado TSSOP por su reducido tamaño. Los distintos componentes tendrán diferentes tamaños, como por ejemplo un 1206 ( ancho x largo ) , que viene expresado en pulgadas por defecto.

Una vez que se terminan de soldar todos los componentes, se queda un poco sucia la placa PCB, se debe limpiar la superficie con un poco de alcohol y un pequeño cepillo.

En el siguiente apartado del capítulo, se realizarán las pruebas pertinentes para comprobar el correcto funcionamiento del sistema. Al tener dos bloques principales diferentes, primero se realizará la prueba para el bloque de potencia, y en segundo lugar acoplado, el gestor de energía MAX 8662.

## 6.2 Prueba de funcionamiento del bloque de potencia.

Primero se realizará la comprobación del primer bloque, para ello se colocará una carga simulando la carga del sistema con varios valores de resistencia. El esquema eléctrico es el siguiente:



*Figura 129 : Esquema eléctrico del primer bloque. Comprobación de funcionamiento.*

En primer lugar se escogerá una resistencia de 100Ω ,después una resistencia de 47 Ω y por último una resistencia de 10 Ω y se calculará la corriente que fluye por ellas teniendo en cuenta que la tensión de salida de todas las fuentes de energía es de 5 voltios, por lo tanto el valor de las corrientes para los distintos valores de resistencias será entonces :

1.Resistencia = 100 Ω , Intensidad = 50 mA, Se necesitará una resistencia con una potencia nominal mínima de :

$$\text{Resistencia de } 100 \Omega ; \text{ Potencia nominal necesaria} = V^2 / R = 0,25 W$$

*Figura 130 : Potencia nominal de la resistencia de comprobación de valor 100 Ω.*



Como el valor de 0,25 vatios no lo fabrican, se utilizará una resistencia de potencia nominal 1 vatio.

2 . Resistencia =  $47 \Omega$  , Intensidad = 100 mA, Se necesitará una resistencia con una potencia nominal mínima de :

$$\text{Resistencia de } 47 \Omega ; \text{Potencia nominal necesaria} = V^2 / R = 0,5 W$$

*Figura 131 : Potencia nominal de la resistencia de comprobación de valor  $47 \Omega$ .*

Como el valor de 0.5 vatios no lo fabrican, se utilizará una resistencia de potencia nominal 3 vatios.

3 . Resistencia =  $10 \Omega$  , Intensidad = 500 mA, Se necesitará una resistencia con una potencia nominal mínima de :

$$\text{Resistencia de } 10 \Omega ; \text{Potencia nominal necesaria} = V^2 / R = 2,5 W$$

*Figura 132 : Potencia nominal de la resistencia de comprobación de valor  $47 \Omega$ .*

Como el valor de 2,5 vatios no lo fabrican, se utilizará una resistencia de potencia nominal 5 vatios.

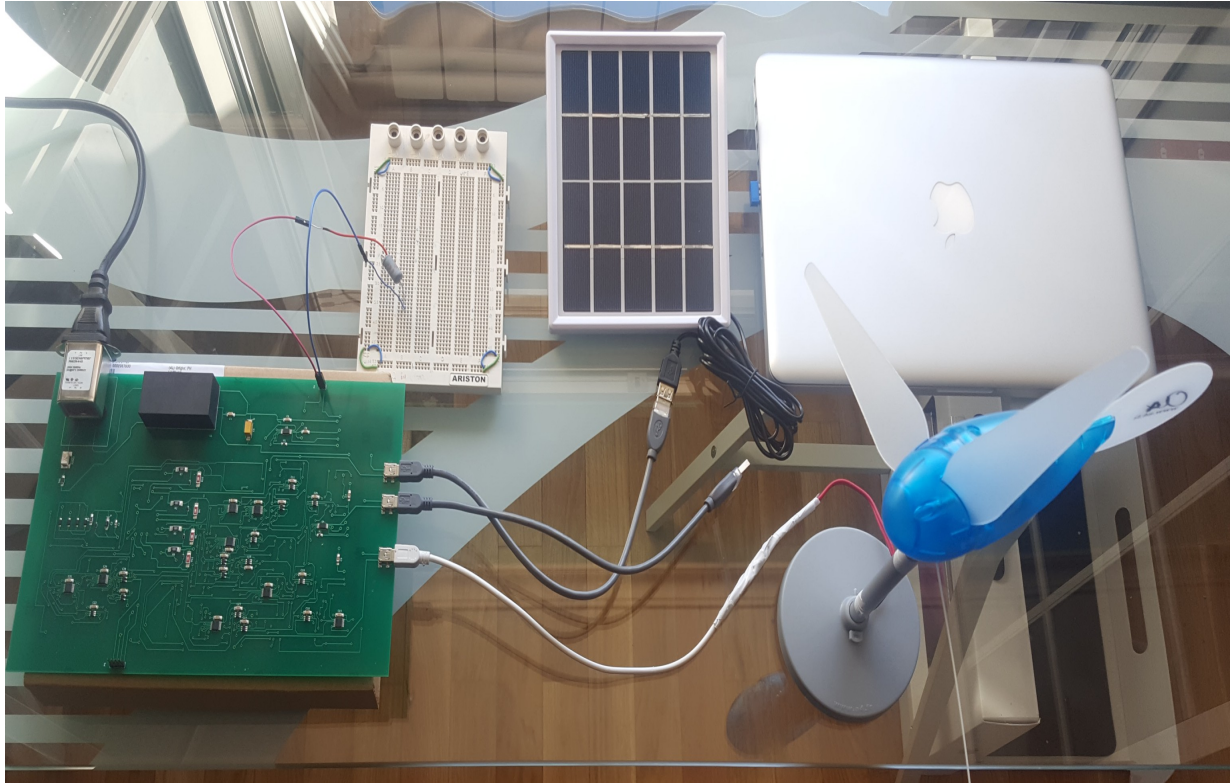
4 . Resistencia =  $5 \Omega$  , Intensidad = 1000 mA, Se necesitará una resistencia con una potencia nominal mínima de :

$$\text{Resistencia de } 5 \Omega ; \text{Potencia nominal necesaria} = V^2 / R = 5 W$$

*Figura 133 : Potencia nominal de la resistencia de comprobación de valor  $5 \Omega$ .*

La corriente máxima que puede dar el sistema es de un amperio, por lo tanto la resistencia que dará esta máxima corriente será la resistencia de valor  $5 \Omega$ .

En la Figura 134 se enseña el montaje completo del primer bloque, con la resistencia de carga para hacer la simulación y la comprobación del sistema :

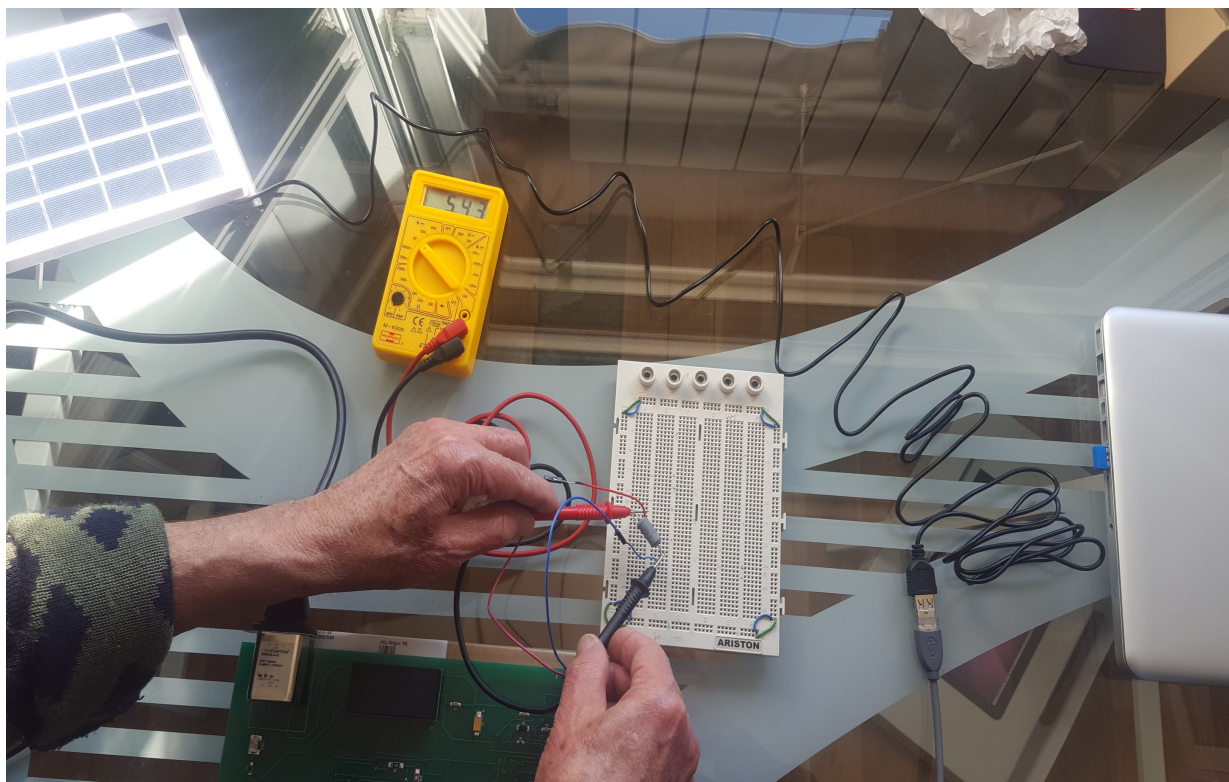


*Figura 134 : Montaje del sistema del primer bloque.*

Se puede apreciar la placa PCB conectada a las distintas fuentes de energía, la primera fuente en la red eléctrica, la segunda fuente es el terminal USB 2.0 del ordenador , la tercera fuente será la célula fotovoltaica y por último el mini aerogenerador .

Se puede apreciar también una segunda placa donde se tiene una resistencia de  $47\ \Omega$  para poder simular la carga del sistema, las mediciones correspondientes se realizarán sobre dicha resistencia.

En la siguiente Figura 135 se muestra la comprobación con las distintas fuentes de energía, en este caso  $47\ \Omega$ , y estaba activada la célula fotovoltaica, sabiendo que ésta puede entregar un máximo de corriente de 800 mA, la corriente que circulaba por la resistencia bajo estas condiciones es de 100 mA, por lo tanto la tensión que debe tener la resistencia en bornes será la corriente que atraviesa multiplicado por el valor de la resistencia, es decir unos 5 voltios aproximadamente, que es el valor obtenido con el voltímetro.



*Figura 135 : Comprobación de funcionamiento del primer bloque.*

Se comprobará también que en función de la fuente conectada en el conector inferior existan las tensiones esperadas, es decir en el caso de tener conectada la fuente USB 2.0, en el conector inferior debe aparecer en PEN2 un nivel alto, en PEN1 un nivel bajo, y en CEN un nivel bajo. Esto quiere decir que el sistema de gestión de energía MAX 8662 espera tener una fuente de energía del tipo USB con un máximo de corriente de 500 mA. Es importante comprobar esto ya que el gestor de energía necesita saber que tipo de fuente de entrada se conecta.

### **6.3 Prueba de funcionamiento del sistema completo.**

En este segundo punto del capítulo, se comprobará el funcionamiento de todo el sistema completo. En primer lugar se conectará la salida del primer bloque de potencia con la entrada del segundo bloque gestor de energía, se añadirá también la conexión de PEN2 y PEN1 para saber el gestor de energía qué tipo de entrada está activa.

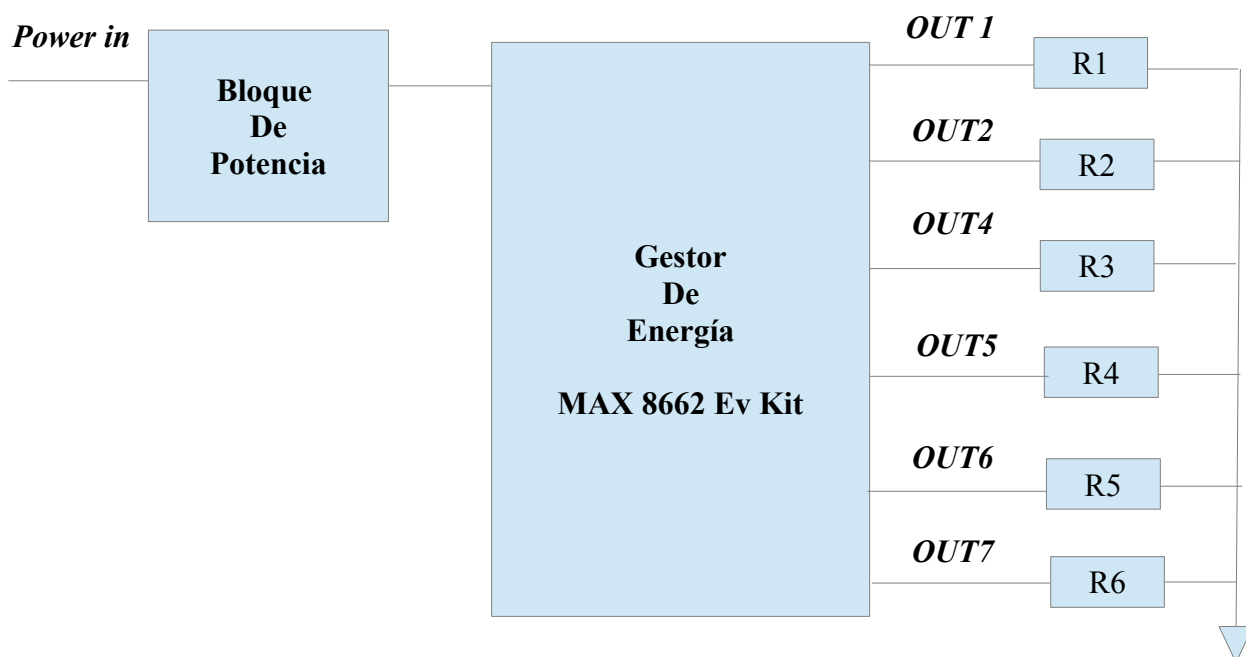
Para hacer estas comprobaciones se utilizará una serie de resistencias para comprobar que todo el sistema funciona correctamente. Para ello se colocarán varias resistencias a la salida de cada convertidor integrado en el dispositivo del gestor de energía, como se tienen 6 salidas diferentes, se colocarán 6 resistencias.

La idea es comprobar que cada salida del gestor de energía tiene la tensión que se ha configurado en la tarjeta de evaluación del gestor de energía, es decir que la salida OUT1 tenga la tensión de 3.3 voltios, que la salida OUT2 tenga 1.3 voltios, que la salida OUT4 tenga 1.8 voltios, que la salida OUT5 tenga 2.5 voltios, que la salida OUT 6 tenga 3.3 voltios y por último que la salida OUT7 tenga una tensión fija de 2.85 voltios. Estos valores de tensión se obtienen configurando los terminales SL1 y SL2.

En función del valor de las resistencias, la corriente que absorbe cada carga será diferente, es decir a mayor valor de resistencia, menor será la corriente que absorbe la carga. A menor valor de resistencia, la corriente que absorbe la carga será mayor. En el caso de la tarjeta de evaluación, cada salida de los convertidores tiene un valor diferente de corriente máxima que puede administrar a la carga.

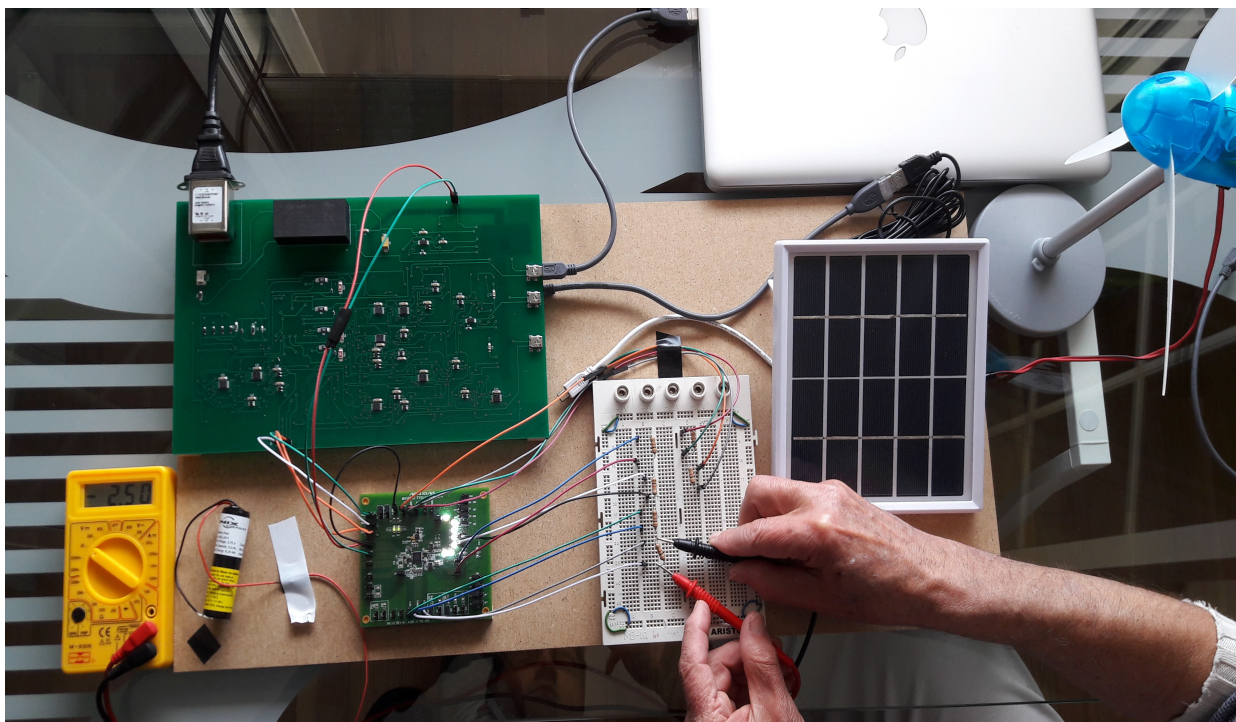


A continuación se muestra el esquema que se ha realizado para hacer la comprobación de todo el sistema :



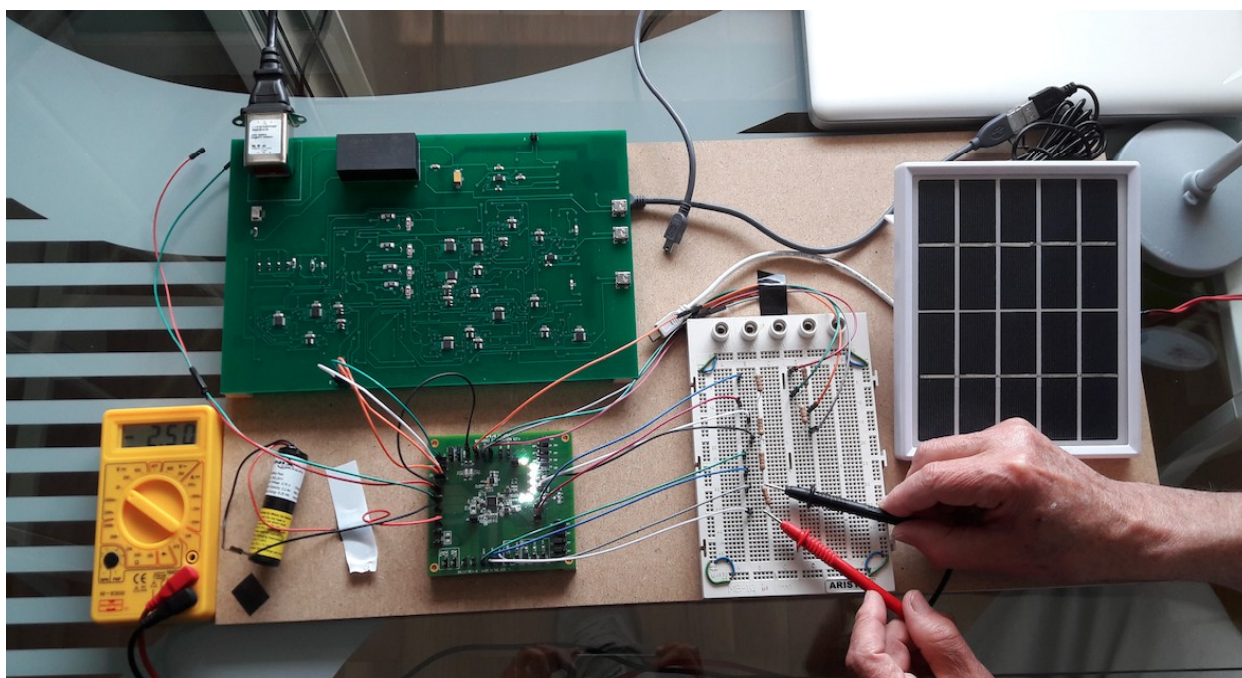
*Figura 136 . Comprobación funcionamiento de todo el sistema.*

En el caso de la comprobación de todo el sistema, se ha elegido resistencias de valor  $100\ \Omega$ , por lo tanto en función de la tensión de salida de cada convertidor, la corriente que absorbe la carga será de un valor u otro. A continuación se muestra el valor de la tensión de la salida OUT5 sin la batería conectada y alimentando la carga con la Fuente USB .



*Figura 137 ; Comprobación tensión OUT5 sin batería conectada.*

Finalmente, para concluir el capítulo se comprobó que todas las diferentes salidas del gestor de energía darán los valores de tensión configurados anteriormente con los terminales SL1 y SL2. Se muestra a continuación, la conexión de todo el sistema, pero ahora sin fuente de energía conectada y la batería alimentando la carga del sistema.



***Figura 138 : Comprobación tensión OUT5 con la batería conectada.***

Se ha de comprobar que en cada salida del gestor de energía las tensiones son las previamente establecidas por los conectores SL1 y SL2. El led POK indica que la entrada de energía es válida. El led CHG se enciende durante la carga en modo precalificación y en las condiciones de carga rápida y se apaga cuando la corriente de carga de la batería cae al 7.5 % de la corriente de carga rápida y se completa la carga.

CHG se apaga cuando la carga está finalizada. Si el temporizador de carga expira en el modo precalificación o carga rápida su tiempo establecido, el led CHG empieza a parpadear con una frecuencia de parpadeo de 1 hercio para indicar que se produjo un fallo.

El control del brillo es ajustable por la tensión BRT, la gama de VBRT para ajustar la corriente de salida desde 1 miliamperio hasta 30 miliamperios es desde 50 milivoltios hasta 1.5 voltios. La conexión de BRT a una tensión de referencia de 1.5 voltios establece una corriente por los LED's de 30 miliamperios. En nuestro caso se ha instalado un divisor resistivo alimentado con la tensión de carga de la batería, para indicar en función del nivel de carga de la batería el brillo de los LED's, a mayor tensión de carga de la batería, mayor brillo de los LED's. La tensión de salida del divisor resistivo va desde 50 milivoltios hasta 1.5 voltios.

## Capítulo 7

### Simulaciones

En este capítulo se realizará una simulación sencilla sobre el rectificador AC / DC . Se hará un estudio de las distintas potencias puestas en juego , se calculará la potencia activa, la potencia reactiva, la potencia aparente, y por último la distorsión que se produce . Se incluirán algunas figuras para mostrar las formas de onda y el conjunto de señales que transitan por la primera línea de energía. En la siguiente Figura se muestra el esquema realizado con el programa Matlab Simulink.

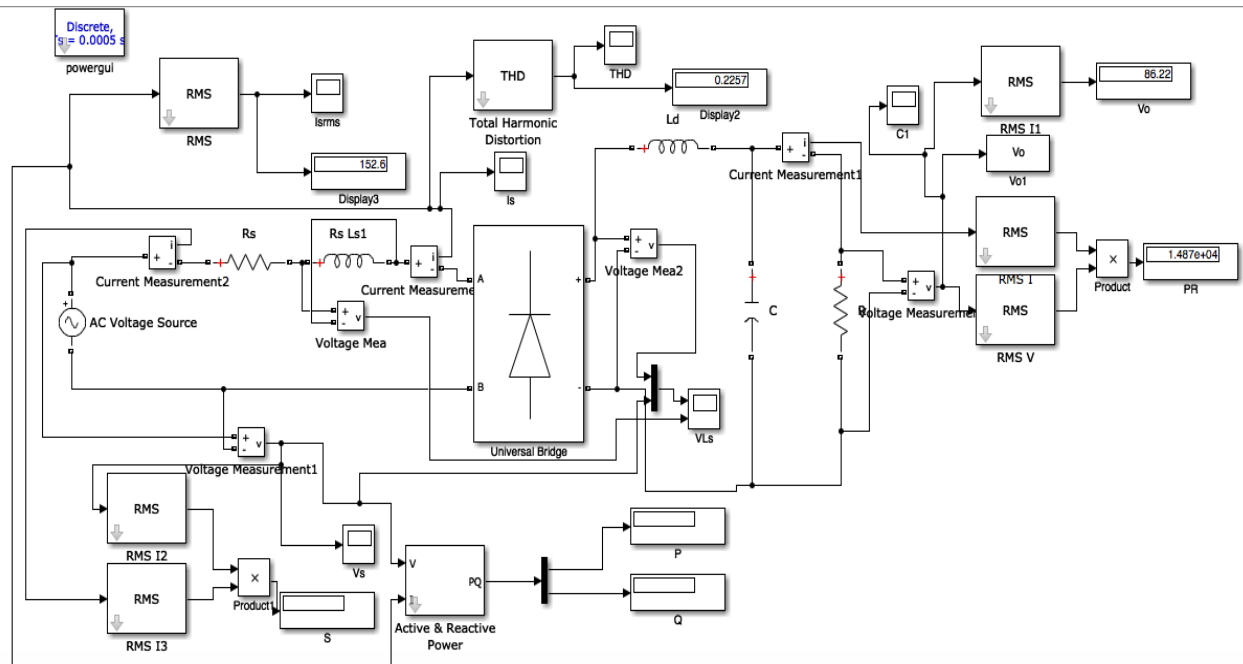
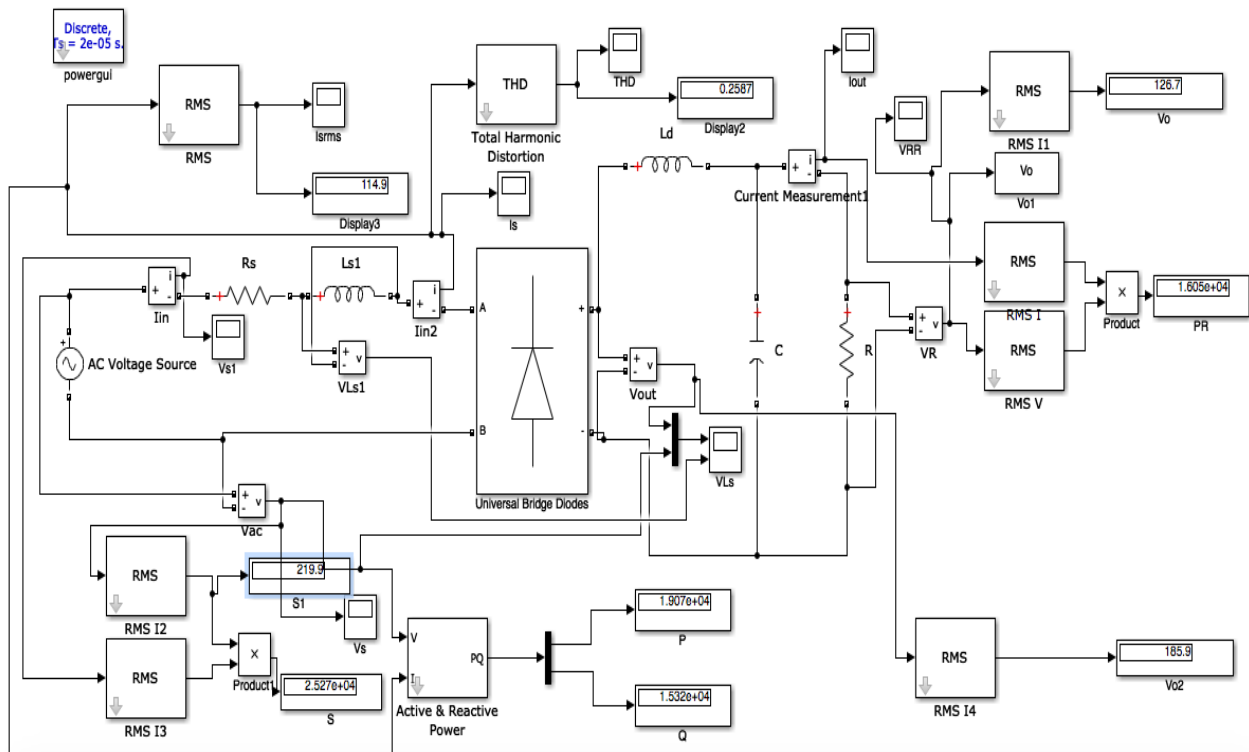


Figura 139 : Esquema simulación rectificador.

Con una resistencia de carga de 1 ohmio :

1.  $AC = 230 \text{ Vac}$  ;  $V_{\text{máx}} = \sqrt{2} * V_{\text{eficaz}} = \sqrt{2} * 230 \text{ V} = 325 \text{ V}$ .
2.  $R_s = 0.1 (\Omega)$ .
3.  $L_{s1} = 2 \text{ e} - 3 (\text{H})$ .
4.  $L_d = 100 \text{ e} - 3 (\text{H})$ .
5.  $C = 1 \text{ e} -3 (\text{F})$ .

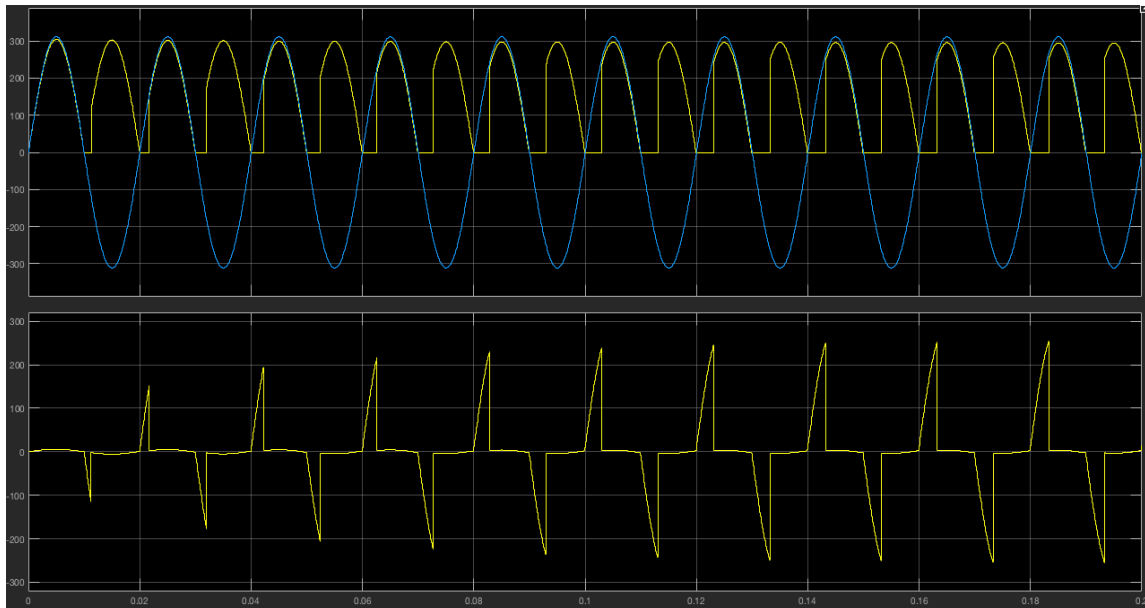


**Figura 140 : Esquema rectificador simulado.**

Obteniendo los siguientes valores :

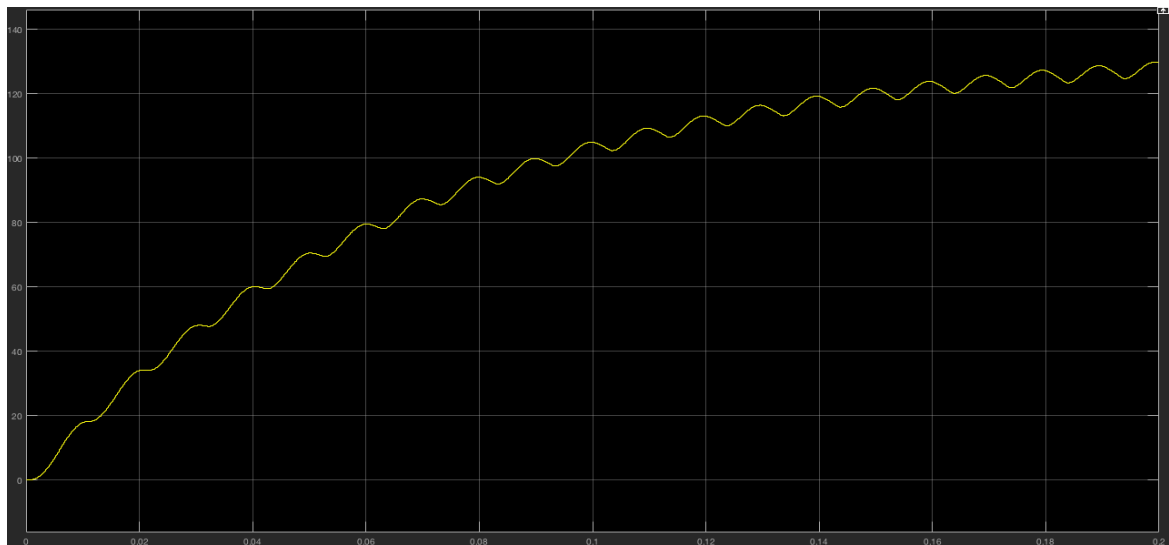
- $S = V_s * I_s = 25270 \text{ VA}$ .
- $P = V_s * I_{s1} * \cos \Phi_1 = 19070 \text{ W}$ .
- $Q = V_s * I_{s1} * \sin \Phi_1 = 15320 \text{ VAR}$ .
- $\text{THD} = 0.2587$ .

La siguiente Figura muestra en la primera gráfica la forma de onda de la tensión de entrada junto con la tensión de salida, y en la gráfica inferior se muestra el valor de la tensión de la bobina Ls1.



**Figura 141 : Tensión de entrada, de salida, y tensión VLS1.**

La potencia entregada a la carga es de 16050 vatios, y la tensión que cae en la carga tiene un valor de 126.7 voltios. Se muestra en la siguiente Figura la forma de onda de la corriente de salida :



**Figura 142 : Corriente de salida.**

El valor de la tensión de salida es proporcional a dos factores, el primero el valor de la bobina Ld y el segundo el valor de la resistencia de carga. Cuanto menor es el valor de la resistencia de carga, se pide más corriente a la salida del rectificador, y a medida que el valor de la resistencia es mayor, se pide menos corriente de salida.

## ***Capítulo 8***

### ***Conclusión y Líneas Futuras***

En este proyecto se ha realizado un sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia.

Cabe destacar la diferencia clave entre los dispositivos de alimentación ininterrumpida (SAI) a nivel industrial y el sistema diseñado en el proyecto, éste está orientado a la alimentación de dispositivos de baja potencia o consumos reducidos. Los SAI industriales, hoy en día este tipo de sistemas están en cada edificio público para garantizar el continuo suministro de energía. La eficiencia del sistema, el peso, las dimensiones, el funcionamiento modular, el rendimiento, la capacidad de suministro, son algunas de las características en las cuales los investigadores están poniendo especial atención.

Es importante destacar varias aplicaciones de los SAI Industriales :

1. Las aplicaciones médicas ; es de suma importancia tener un sistema de alimentación ininterrumpida en hospitales, donde la demanda de energía es continua. No puede ocurrir que durante una operación, el quirófano se quede sin suministro eléctrico, por lo tanto estos sistemas ayudan de forma directa.
2. Otra de las aplicaciones donde son importantes estos sistemas son en los centros de datos. El no tener este tipo de sistemas puede provocar a la empresa grandes pérdidas económicas derivadas de cortes de energía, sólo en estados unidos al año se producen pérdidas de cientos de miles de millones de dólares. Es la pieza fundamental para evitar cortes eléctricos. Las líneas futuras de estos sistemas están logrando construir sistemas modulares, con mucha más capacidad de suministro, más ligeros, aumentan la eficiencia de operación y se reducen las fallas. Las dimensiones y el peso de estos sistemas es cada vez mas relevante, aquí también se están produciendo investigaciones importantes.
3. La aplicación industrial es importante destacarla, debido a que la producción en las grandes empresas debe ser continua, no contemplan la idea de parones inesperados en la producción, ya que esto se traduce en pérdidas económicas. Es aquí donde entran este tipo de sistemas, garantizando la continua producción sin apagones inesperados.

Hoy en día, estos sistemas pueden llegar hasta los 1.6 MW por unidad, para llegar a estos valores, se ha trabajado mucho en los sistemas de forma modular para aumentar la eficiencia de operación y el rendimiento. Los modernos sistemas de alimentación ininterrumpida se construyen sin transformador o con autotransformadores. El rendimiento de estos sistemas supera el 96 %, por lo tanto es difícil superar dicho valor, en la misma línea, la distorsión armónica total del sistema es muy baja, se quiere eliminar el máximo número de armónicos para tener sistemas fiables.

En el futuro estos sistemas incorporarán una mayor capacidad, mayor suministro de energía, por lo tanto mayor capacidad. Las necesidades de mantenimiento serán cada vez más escasas, y el control de estos sistemas se realizará de forma remota, en un futuro estos sistemas se pondrán a controlar desde un ordenador o desde un smartphone, sin necesidad de estar en el mismo sitio donde se encuentra el UPS. Todas las variables del sistema se pondrán a ver desde cualquier ordenador, en cualquier instante de tiempo.

Ahora se mencionará las líneas futuras del sistema propiamente diseñado, el sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia. Este sistema tiene como objetivo alimentar dispositivos de baja potencia como un móvil, un microcontrolador o cualquier otro dispositivo de bajo consumo. Una de las líneas futuras importantes del proyecto es, al disponer de varias fuentes posibles de energía, el usuario en función de su situación geográfica, podrá utilizar una fuente u otra para poder alimentar cualquier dispositivo de baja potencia, por ejemplo una persona que se encuentra perdida, podrá utilizar la fuerza del viento, o la luz solar, para cargar su dispositivo móvil, encenderlo con esta energía y poder localizar su ubicación mediante el GPS incorporado en el teléfono móvil.

Otra línea futura importante del proyecto es el hecho de poder alimentar a varios dispositivos al mismo tiempo, con una sola fuente de energía, conseguir alimentar a varios dispositivos de baja potencia. La idea de este sistema diseñado es poder industrializarlo de manera compacta y poder utilizarlo en cualquier sistema de bajo consumo y en cualquier lugar, el hecho de necesitar un dispositivo de bajo consumo en cualquier lugar y en cualquier momento.

Para finalizar se enumeran distintas posibles funcionalidades de este tipo de sistemas :

- Comunicación por Satélite : Energía renovable orientada a alimentar el sistema de control de los satélites.
- Telecomunicaciones ; enviar datos en cualquier sitio alimentados con este tipo de sistemas.
- Transportes : Alimentar el control electrónico utilizando o bien la red eléctrica o bien energías renovables.
- Fábrica industrial ; alimentar la electrónica de la fábrica, sensores, actuadores, microcontroladores.

## **Parte V**

### **Planos**



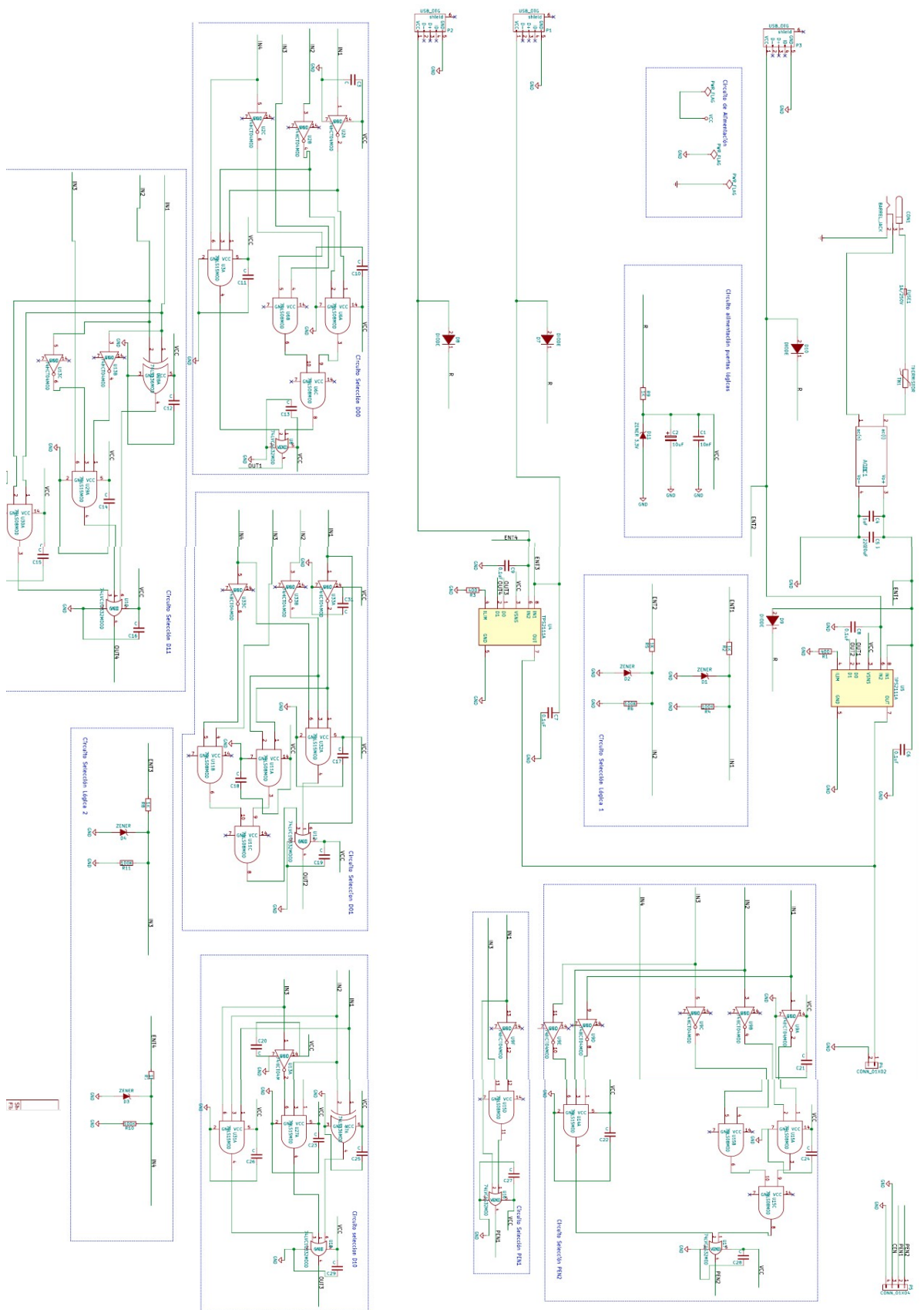
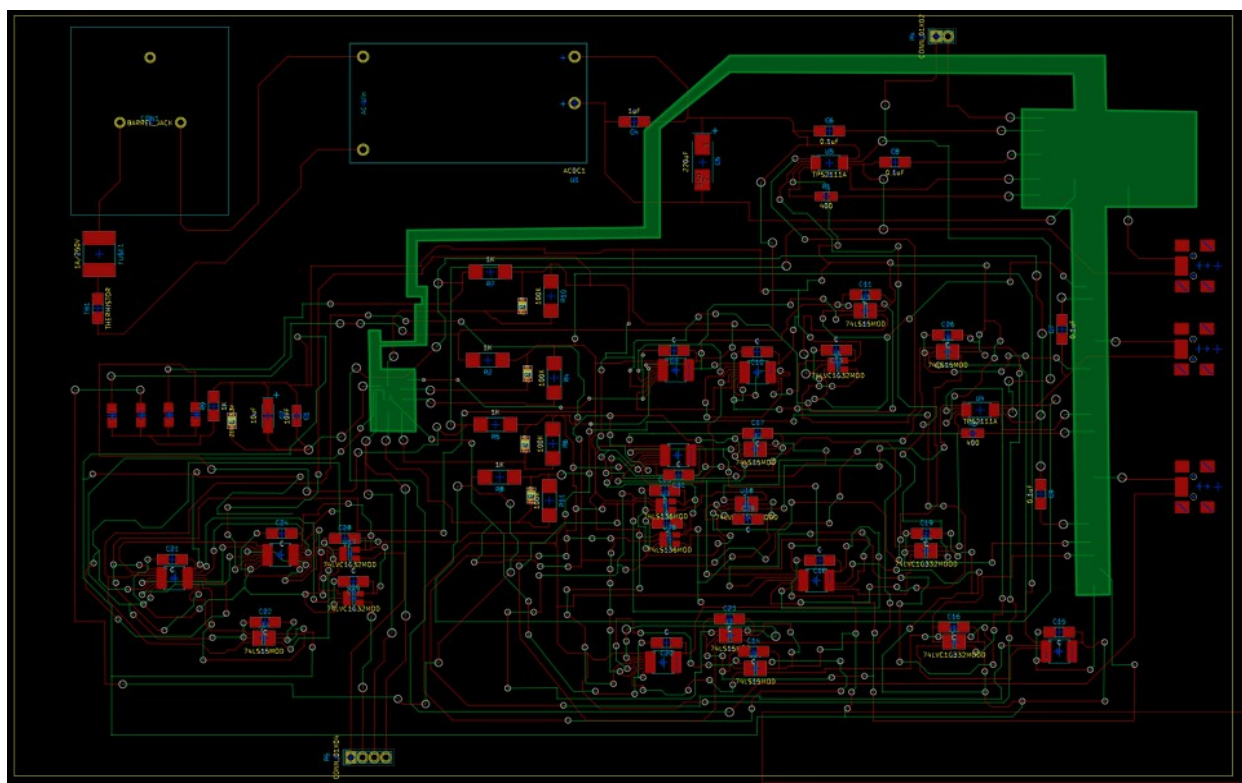
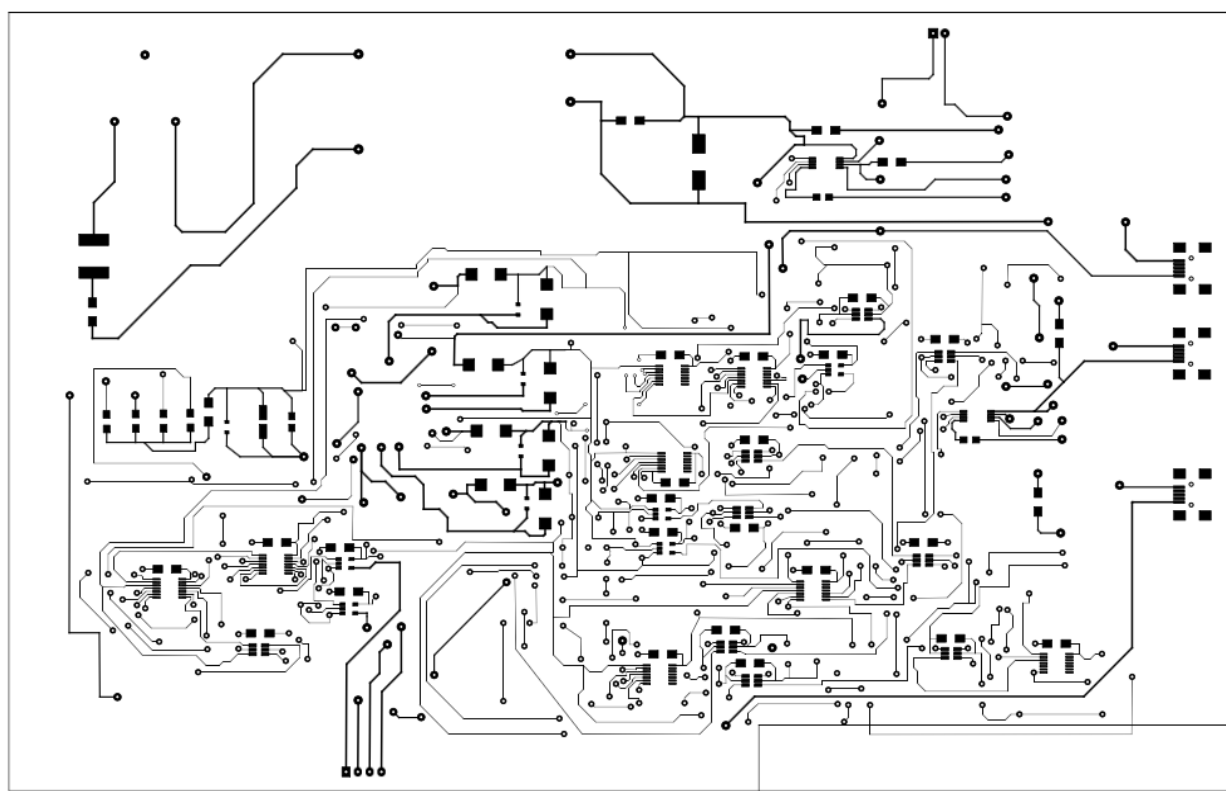


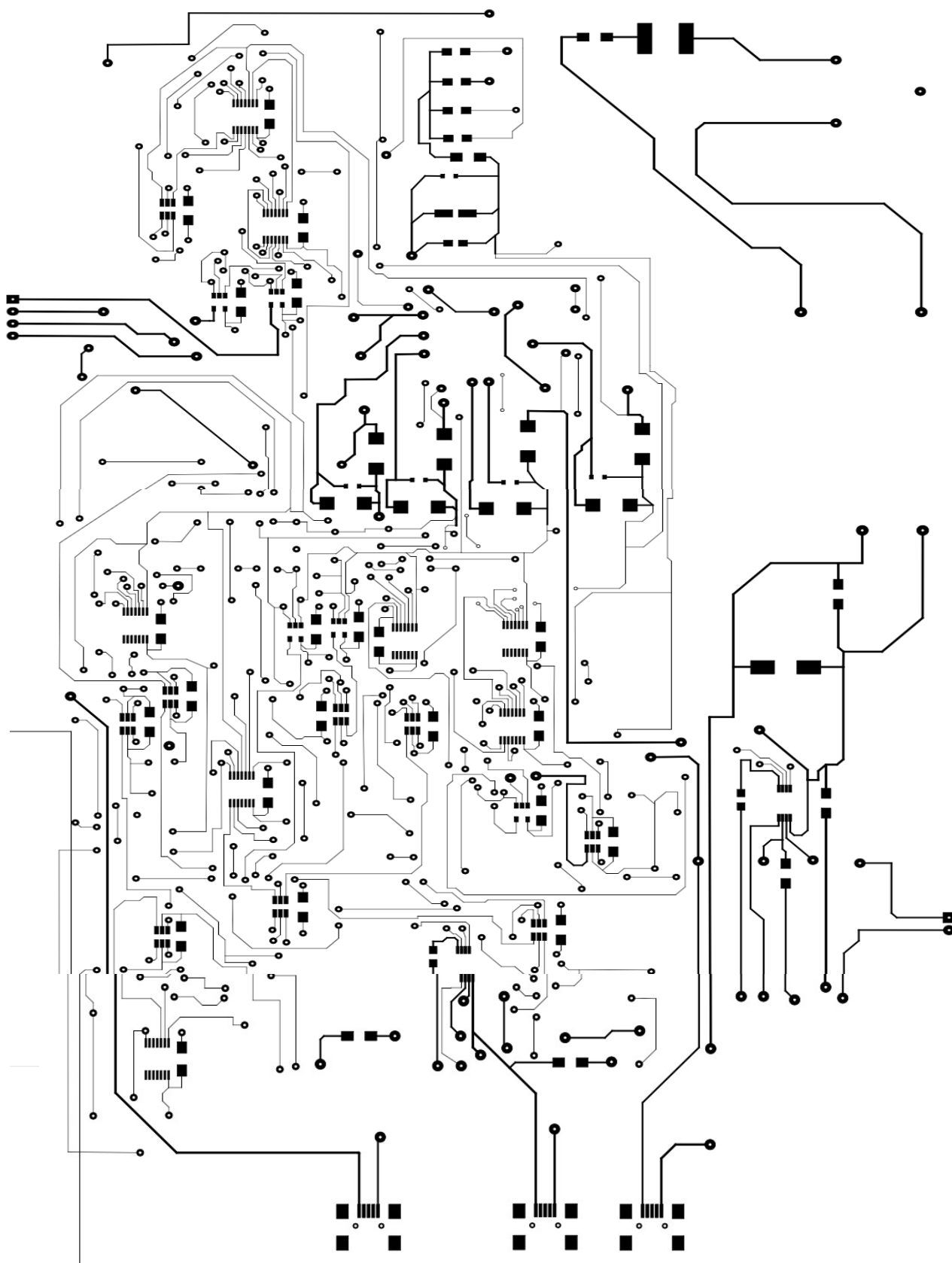
Figura 143 : Esquemático Ki cad del bloque de potencia.



*Figura 144 : PCB Ki cad del bloque de potencia, enrutado.*



*Figura 145 : PCB Ki cad del bloque de potencia, capa superior Fu Cu.*



*Figura 146 : PCB Ki cad del bloque de potencia, capa superior componentes Fu Cu.*

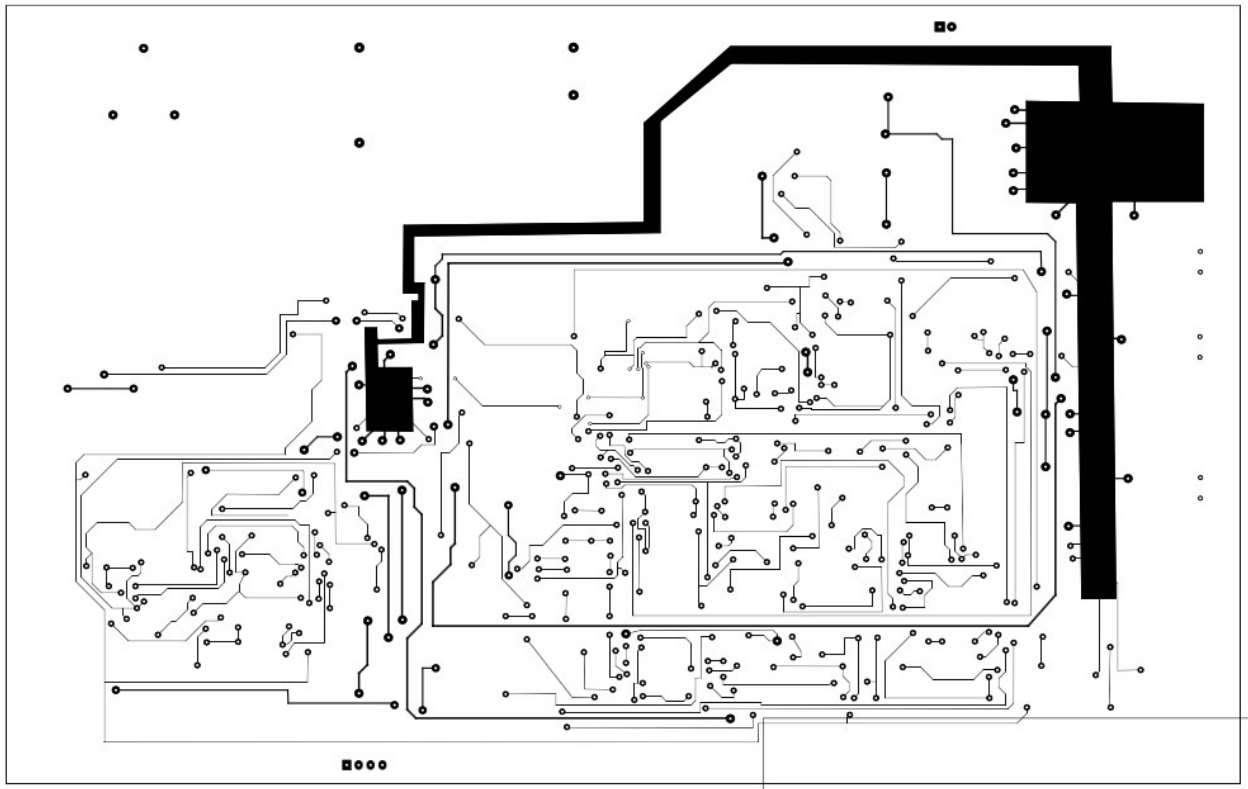


Figura 147 : PCB Ki cad del bloque de potencia, capa inferior Bu Cu.

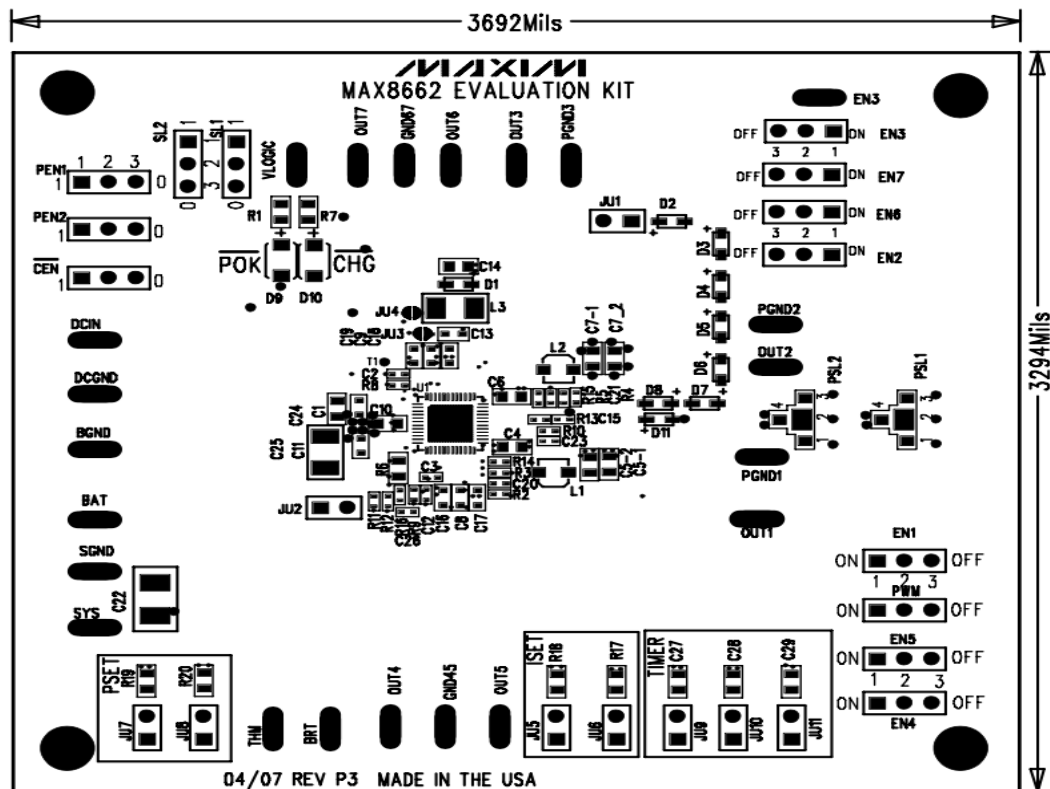


Figura 148 : MAX 8662 EV Kit Component Placement.

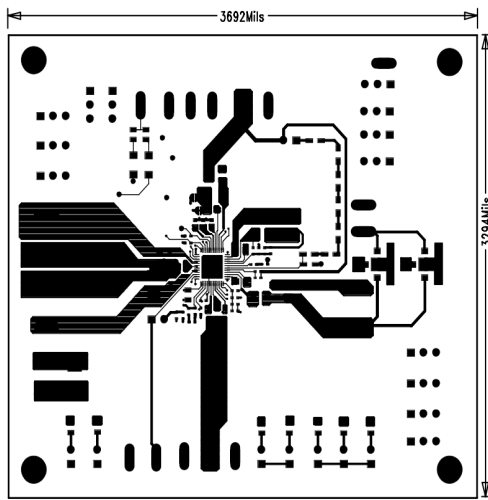


Figura 149 : Max 8662 PCB LayOut - Top Layer 1.

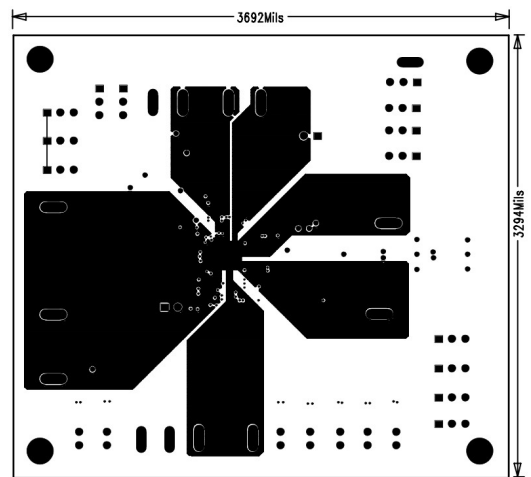


Figura 150 : Max 8662 PCB LayOut - PGND Layer 2.

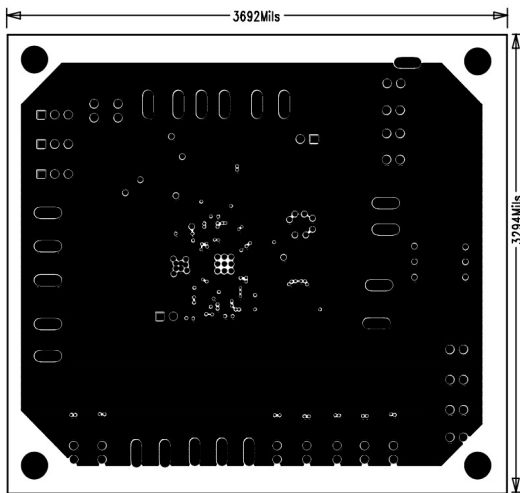


Figura 151 : Max 8662 PCB LayOut - SYS Power Layer 3.

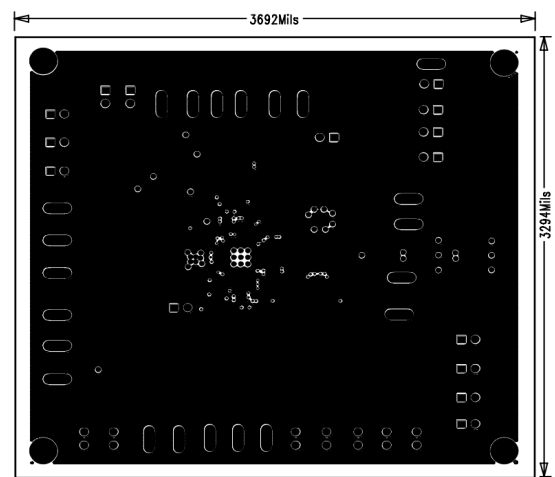


Figura 152 : Max 8662 PCB LayOut - AGND Layer 4.

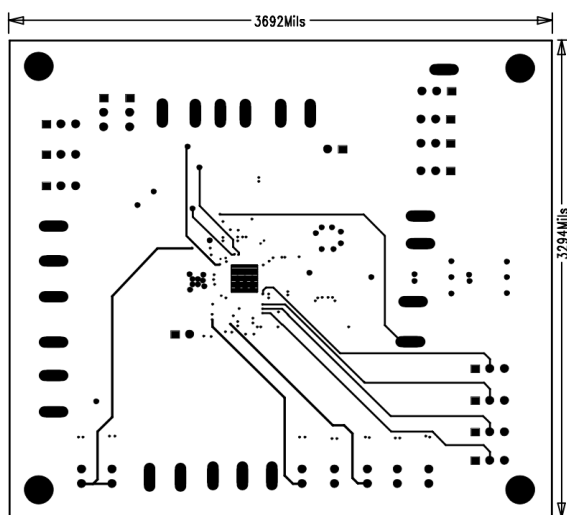


Figura 153 : Max 8662 PCB LayOut - Routing Layer 5.

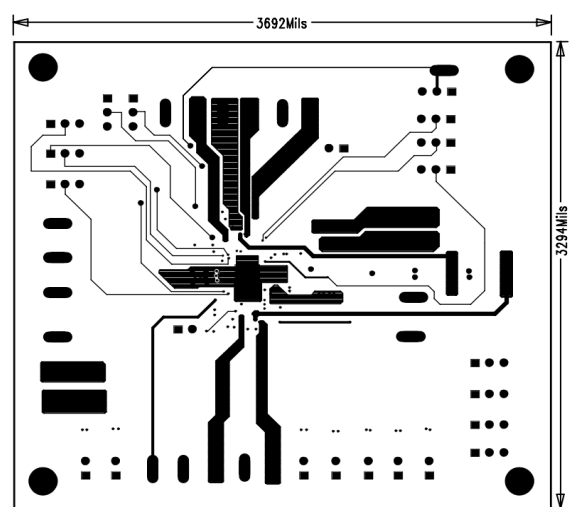


Figura 154 : Max 8662 PCB LayOut - Bottom Layer 6.

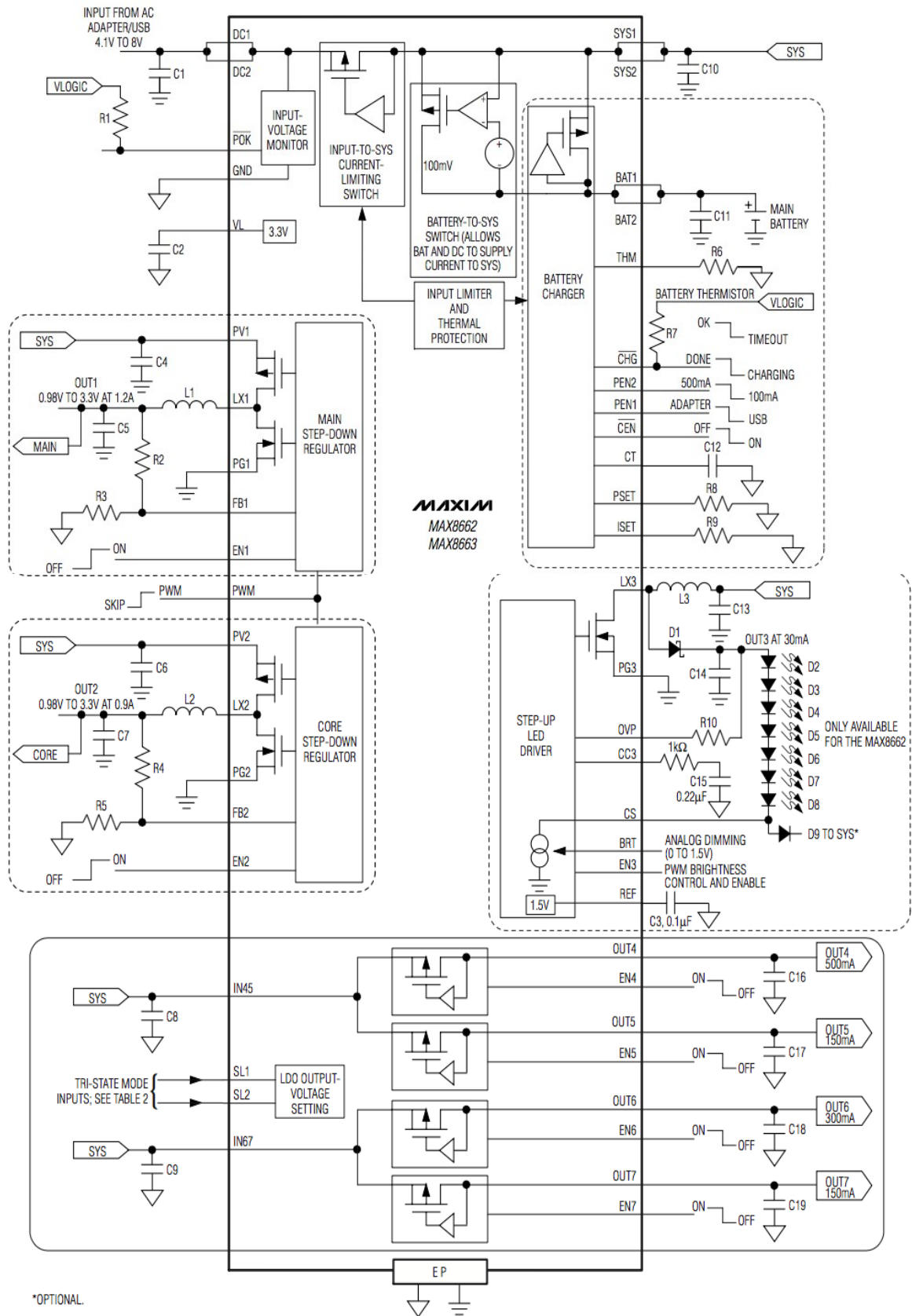


Figura 155 : MAX 8662 EV Kit Schematic.

## **Parte VI**

### **Pliego de condiciones**

## Pliego de condiciones

Se detallarán las características técnicas principales de los sistemas más importantes implicados en el sistema. Se explicarán las características de :

- Fuentes de alimentación.
  1. Aerogenerador.
  2. Célula Fotovoltaica.
- Circuito Integrados.
  1. Puertas lógicas.
  2. Multiplexor de potencia.
  3. Rectificador AC / DC.
  4. Kit de Evaluación MAX 8662.
- Batería.

En primer lugar se comentará las características técnicas de las fuentes de energía , entre ellas se encuentra el Aerogenerador , se muestra en la siguiente figura algunas propiedades, para ver todas acudir a [ <http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/27/KC61200/kit-cebek-educativo-aerogenerador-windlab-junior-c-0200> ]. Accedido : 25 Marzo de 2017.

### Especificaciones técnicas

<i>Potencia (@ velocidad del rotor 2000 rpm) :</i>	<i>1W</i>
<i>Tensión de salida (@ velocidad del rotor 2000 rpm) :</i>	<i>10V DC</i>
<i>Corriente de salida (@ velocidad del rotor 2000 rpm) :</i>	<i>100 mA DC</i>
<i>Tensión de salida (@ velocidad del rotor 1000 rpm) :</i>	<i>5V DC</i>
<i>Corriente de salida (@ velocidad del rotor 1000 rpm) :</i>	<i>50 mA DC</i>
<i>Máxima tensión de salida desde el condensador:</i>	<i>6V DC</i>
<i>Puede conmutarse salida directa o a través del condensador</i>	
<i>Tiempo de carga (Condensador 0.33F, viento @ 2,23m/s):</i>	<i>1 minuto</i>
<i>El Music Box puede sonar:</i>	<i>30 minutos</i>
<i>La lámpara LED puede iluminar:</i>	<i>5 minutos</i>
<i>Start-Up (velocidad del viento que inicia el giro del rotor):</i>	<i>1,6 m/s (5,6 km/h)</i>
<i>Cut-In (min. velocidad del viento que genera electricidad):</i>	<i>2,2 m/s (8 km/h)</i>
<i>Longitud del cuerpo del aerogenerador (rotor, góndola y veleta):</i>	<i>200 mm</i>
<i>Radio del barrido de la pala:</i>	<i>155 mm</i>
<i>Homologaciones:</i>	<i>CE</i>
<i>Peso bruto total:</i>	<i>0,6 kg</i>

*Figura 156 ; Especificaciones técnicas del Aerogenerador.*



Las características principales de la célula fotovoltaica se muestran a continuación, para poder tener toda la información se debe acudir a : [ <http://es.eachbuyer.com/5v-800ma-4w-mini-solar-panel-diy-with-usb-output-for-cell-charger-home-lighting-p352551.html> ]. Accedido : 25 Marzo de 2017.

Alta tasa de conversión, la producción de alta eficiencia  
 Excelente efecto de baja luz.  
 Con salida de USB, se puede cargar directamente a móviles.  
 Tamaño: 178\*154\*15mm  
 Longitud de cable: 2.9m  
 Voltaje de salida: 5V  
 Corriente de salida: 800mA  
 Potencia de salida: 4W  
 Material: polisilicio  
 Enchufe de salida: USB  
 Aplicable para  
 1. Carga de teléfono móvil  
 2. Pequeño sistema de iluminación casera  
 3. Adecuado para una variedad de electrodomésticos de bajo consumo, como las bombas de agua solares, sistemas de energía solar y otros pequeños  
 4. DIY juguetes solares hechos en casa  
 1 x Panel solar  
 Embalaje en burbuja

**Figura 157 : Especificaciones técnicas de la célula fotovoltaica.**

En este segundo punto , se tratará de mostrar las características técnicas de los circuitos integrados principales que forman el sistema . Todas las puertas lógicas son de tecnología LVC de bajo consumo, por lo tanto todas tendrán las mismas características eléctricas , se muestra una de ellas , pero todas las demás tendrán las mismas particularidades. Se empieza mostrando las características de las puertas lógicas , para poder acudir a todas las características se acudirá a : [ <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74lvc1g08.pdf> ]. Accedido : 25 Marzo de 2017.

### 6.3 Recommended Operating Conditions<sup>(1)</sup>

			MIN	MAX	UNIT
V <sub>CC</sub>	Supply voltage	Operating	1.65	5.5	V
		Data retention only	1.5		
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage	V <sub>CC</sub> = 1.65 V to 1.95 V	0.65 × V <sub>CC</sub>		V
		V <sub>CC</sub> = 2.3 V to 2.7 V	1.7		
		V <sub>CC</sub> = 3 V to 3.6 V	2		
		V <sub>CC</sub> = 4.5 V to 5.5 V	0.7 × V <sub>CC</sub>		
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage	V <sub>CC</sub> = 1.65 V to 1.95 V	0.35 × V <sub>CC</sub>		V
		V <sub>CC</sub> = 2.3 V to 2.7 V	0.7		
		V <sub>CC</sub> = 3 V to 3.6 V	0.8		
		V <sub>CC</sub> = 4.5 V to 5.5 V	0.3 × V <sub>CC</sub>		
V <sub>I</sub>	Input voltage		0	5.5	V
V <sub>O</sub>	Output voltage		0	V <sub>CC</sub>	V
I <sub>OH</sub>	High-level output current	V <sub>CC</sub> = 1.65 V		−4	mA
		V <sub>CC</sub> = 2.3 V		−8	
		V <sub>CC</sub> = 3 V		−16	
		V <sub>CC</sub> = 4.5 V		−24	
I <sub>OL</sub>	Low-level output current	V <sub>CC</sub> = 1.65 V		4	mA
		V <sub>CC</sub> = 2.3 V		8	
		V <sub>CC</sub> = 3 V		16	
		V <sub>CC</sub> = 4.5 V		24	
Δt/Δv	Input transition rise or fall rate	V <sub>CC</sub> = 1.8 V ± 0.15 V, 2.5 V ± 0.2 V		20	ns/V
		V <sub>CC</sub> = 3.3 V ± 0.3 V		10	
		V <sub>CC</sub> = 5 V ± 0.5 V		5	
T <sub>A</sub>	Operating free-air temperature		−40	125	°C

(1) All unused inputs of the device must be held at V<sub>CC</sub> or GND to ensure proper device operation. Refer to the TI application report, *Implications of Slow or Floating CMOS Inputs*, literature number [SCBA004](#).

**Figura 158 . Especificaciones técnicas de las puertas lógicas del fabricante Texas Instruments tecnología LVC.**

Paralelamente se muestran las singularidades del multiplexor de potencia empleado en el sistema, es un multiplexor de dos entradas, con una única salida y una corriente máxima de entrada de 1.25 amperios. Para conocer todos los datos técnicos acudir a : [ <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps2111a.pdf> ] . Accedido : 25 Marzo de 2017.

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

		TPS2110A, TPS2111A			UNIT
		MIN	NOM	MAX	
Input voltage at IN1, $V_{I(IN1)}$	$V_{I(IN2)} \geq 2.8 \text{ V}$	1.5		5.5	V
	$V_{I(IN2)} < 2.8 \text{ V}$	2.8		5.5	
Input voltage at IN2, $V_{I(IN2)}$	$V_{I(IN1)} \geq 2.8 \text{ V}$	1.5		5.5	V
	$V_{I(IN1)} < 2.8 \text{ V}$	2.8		5.5	
Input voltage: $V_{I(D0)}$ , $V_{I(D1)}$ , $V_{I(VSNS)}$		0		5.5	V
Current limit adjustment range, $I_{O(OUT)}$	TPS2110A	0.31		0.75	A
	TPS2111A	0.63		1.25	
Operating virtual junction temperature, $T_J$		-40		125	°C

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS: Power Switch

Over recommended operating junction temperature,  $V_{I(IN1)} = V_{I(IN2)} = 5.5 \text{ V}$ , and  $R_{ILIM} = 400 \Omega$ , unless otherwise noted.

PARAMETER		TEST CONDITIONS		TPS2110A			TPS2111A			UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Drain-source on-state resistance (INx-OUT)	$r_{DS(on)}^{(1)}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$ , $I_L = 500\text{ mA}$	$V_{I(IN1)} = V_{I(IN2)} = 5.0\text{ V}$		120	140	84		110	mΩ
			$V_{I(IN1)} = V_{I(IN2)} = 3.3\text{ V}$		120	140	84		110	
			$V_{I(IN1)} = V_{I(IN2)} = 2.8\text{ V}$		120	140	84		110	
		$T_J = 125^{\circ}\text{C}$ , $I_L = 500\text{ mA}$	$V_{I(IN1)} = V_{I(IN2)} = 5.0\text{ V}$						150	mΩ
			$V_{I(IN1)} = V_{I(IN2)} = 3.3\text{ V}$						150	
			$V_{I(IN1)} = V_{I(IN2)} = 2.8\text{ V}$						150	

(1) The TPS211xA can switch a voltage as low as 1.5 V as long as there is a minimum of 2.8 V at one of the input power pins. In this specific case, the lower supply voltage has no effect on the IN1 and IN2 switch on-resistances.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Over recommended operating junction temperature,  $V_{I(IN1)} = V_{I(IN2)} = 5.5 \text{ V}$ ,  $I_{O(OUT)} = 0 \text{ A}$ , and  $R_{ILIM} = 400 \Omega$ , unless otherwise noted.

PARAMETER		TEST CONDITIONS	TPS2110A, TPS2111A			UNIT	
			MIN	TYP	MAX		
LOGIC INPUTS (D0 AND D1)							
High-level input voltage	V <sub>IH</sub>		2			V	
Low-level input voltage	V <sub>IL</sub>					0.7	V
Input current at D0 or D1		D0 or D1 = High, sink current				1	μA
		D0 or D1 = Low, source current	0.5	1.4	5		
SUPPLY AND LEAKAGE CURRENTS							
Supply current from IN1 (operating)		D1 = High, D0 = Low (IN1 active), V <sub>I(IN2)</sub> = 3.3 V	55			90	μA
		D1 = High, D0 = Low (IN1 active), V <sub>I(IN1)</sub> = 3.3 V	1			12	
		D0 = D1 = Low (IN2 active), V <sub>I(IN2)</sub> = 3.3 V				75	
		D0 = D1 = Low (IN2 active), V <sub>I(IN1)</sub> = 3.3 V				1	
Supply current from IN2 (operating)		D1 = High, D0 = Low (IN1 active), V <sub>I(IN2)</sub> = 3.3 V				1	μA
		D1 = High, D0 = Low (IN1 active), V <sub>I(IN1)</sub> = 3.3 V				75	
		D0 = D1 = Low (IN2 active), V <sub>I(IN2)</sub> = 3.3 V	1			12	
		D0 = D1 = Low (IN2 active), V <sub>I(IN1)</sub> = 3.3 V	55			90	

UVLO					
IN1 and IN2 UVLO		Falling edge	1.15	1.25	V
		Rising edge		1.30 1.35	
IN1 and IN2 UVLO hysteresis			30	57 65	mV
Internal V <sub>DD</sub> UVLO (the higher of IN1 and IN2)		Falling edge	2.4	2.53	V
		Rising edge		2.58 2.8	
Internal V <sub>DD</sub> UVLO hysteresis			30	50 75	mV
UVLO deglitch for IN1, IN2		Falling edge		110	μs
REVERSE CONDUCTION BLOCKING					
Minimum output-to-input voltage difference to block switching	ΔV <sub>O(I_block)</sub>	D0 = D1 = high, V <sub>I(INx)</sub> = 3.3 V. Connect OUT to a 5-V supply through a series 1-kΩ resistor. Let D0 = low. Slowly decrease the supply voltage until OUT connects to IN1.	80	100 120	mV
THERMAL SHUTDOWN					
Thermal shutdown threshold	TPS211xA is in current limit.		135		°C
Recovery from thermal shutdown	TPS211xA is in current limit.		125		°C
Hysteresis				10	°C
IN2-IN1 COMPARATORS					
Hysteresis of IN2-IN1 comparator			0.1		0.2 V
Deglitch of IN2-IN1 comparator (both ↑ ↓)			10	20 50	μs
SUPPLY AND LEAKAGE CURRENTS, <i>continued</i>					
Quiescent current from IN1 (standby)	D0 = D1 = High (inactive), V <sub>I(IN2)</sub> = 3.3 V		0.5	2	μA
	D0 = D1 = High (inactive), V <sub>I(IN1)</sub> = 3.3 V			1	
Quiescent current from IN2 (standby)	D0 = D1 = High (inactive), V <sub>I(IN2)</sub> = 3.3 V			1	μA
	D0 = D1 = High (inactive), V <sub>I(IN1)</sub> = 3.3 V		0.5	2	
Forward leakage current from IN1 (measured from OUT to GND)	D0 = D1 = High (inactive), IN2 open, V <sub>O(OUT)</sub> = 0 V (shorted), T <sub>J</sub> = 25°C		0.1	5	μA
Forward leakage current from IN2 (measured from OUT to GND)	D0 = D1 = High (inactive), IN1 open, V <sub>O(OUT)</sub> = 0 V (shorted), T <sub>J</sub> = 25°C		0.1	5	μA
Reverse leakage current to INx (measured from INx to GND)	D0 = D1 = High (inactive), V <sub>I(INx)</sub> = 0 V, V <sub>O(OUT)</sub> = 5.5 V, T <sub>J</sub> = 25°C		0.3	5	μA
CURRENT LIMIT CIRCUIT					
Current limit accuracy	TPS2110A	R <sub>ILIM</sub> = 400 Ω	0.51	0.63 0.80	A
		R <sub>ILIM</sub> = 700 Ω	0.30	0.36 0.50	
	TPS2111A	R <sub>ILIM</sub> = 400 Ω	0.95	1.25 1.56	A
		R <sub>ILIM</sub> = 700 Ω	0.47	0.71 0.99	
Current limit settling time	t <sub>d</sub>	Time for short-circuit output current to settle within 10% of its steady state value.		1	ms
Input current at ILIM	V <sub>I(ILIM)</sub> = 0 V, I <sub>O(OUT)</sub> = 0 A		-15	0	μA
VSNS COMPARATOR					
VSNS threshold voltage	V <sub>I(VSNS)</sub> ↑		0.78	0.80 0.82	V
	V <sub>I(VSNS)</sub> ↓		0.735	0.755 0.775	
VSNS comparator hysteresis			30		60 mV
Deglitch of VSNS comparator (both ↑ ↓)			90	150 220	μs
Input current	0 V ≤ V <sub>I(VSNS)</sub> ≤ 5.5 V		-1		1 μA

**Figura 159 : Especificaciones técnicas del Multiplexor de Potencia del fabricante Texas Instruments TPS 2111A.**

Acto seguido se mostrarán las particularidades del rectificador AC / DC del sistema. Este es un rectificador con un rendimiento cerca del 80 %, con una tensión de salida de 5 voltios y una corriente de un amperio. Para poder ver todas las propiedades del dispositivo se debe acudir a : [ <http://www.cui.com/product/resource/vsk-s5.pdf> ] . Accedido : 25 Marzo de 2017.

## INPUT

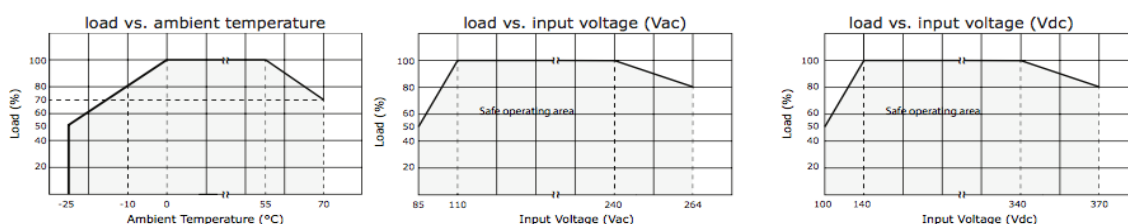
parameter	conditions/description	min	typ	max	units
voltage		85		264	Vac
		110		370	Vdc
frequency		47		63	Hz
current	at 110 Vac		110		mA
	at 230 Vac		70		mA
inrush current	at 110 Vac		10		A
	at 230 Vac		20		A
input fuse	recommended external 1 A/250 V, slow-blow type				
temperature coefficient			±0.02		%/°C

## OUTPUT

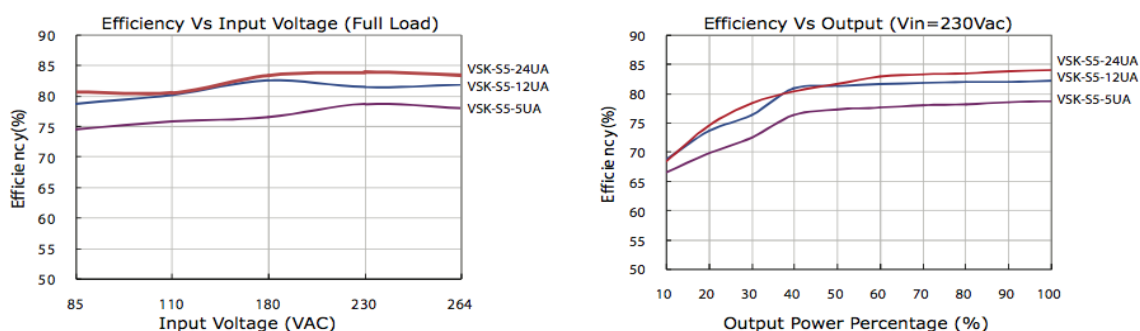
parameter	conditions/description	min	typ	max	units
capcitive load <sup>1</sup>	3.3 Vdc model			4000	μF
	5 Vdc model			4000	μF
	9 Vdc model			1000	μF
	12 Vdc model			820	μF
	15 Vdc model			820	μF
	24 Vdc model			330	μF
line regulation			±0.5		%
load regulation	at 10~100% load		±1		%
voltage set accuracy	3.3 Vdc model		±3		%
	all other models		±2		%
hold-up time	at 110 Vac		12		ms
	at 230 Vac		80		ms
switching frequency				140	kHz

Notes: 1. Test without external circuit

## DERATING CURVES



## EFFICIENCY CURVES



**Figura 160 : Especificaciones técnicas del rectificador AC / DC del fabricante Cui Inc.**

En penúltimo lugar, se mostrará en la Figura las características técnicas más importantes del dispositivo MAX 8662 de Maxim Integrated. Para conocer todos los detalles del dispositivo se debe acudir a :  
[ <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX8662-MAX8663.pdf> ] . Accedido : 25 Marzo de 2017.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Input Limiter and Battery Charger)

( $V_{DC} = 5V$ ,  $V_{BAT} = 4V$ ,  $V_{CEN} = 0V$ ,  $V_{PEN} = 5V$ ,  $R_{PSET} = 3k\Omega$ ,  $R_{ISET} = 3.15k\Omega$ ,  $C_{CT} = 0.068\mu F$ ,  $T_A = -40^\circ C$  to  $+85^\circ C$ , unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
INPUT LIMITER							
DC Operating Range	V <sub>DC</sub>	(Note 2)		4.1		8.0	V
DC Undervoltage Threshold	V <sub>DC_L</sub>	V <sub>DC</sub> rising, 500mV hysteresis		3.9	4.0	4.1	V
DC Overvoltage Threshold	V <sub>DC_H</sub>	V <sub>DC</sub> rising, 100mV hysteresis		6.6	6.9	7.2	V
DC Supply Current		I <sub>SYS</sub> = I <sub>BAT</sub> = 0mA, V <sub>CEN</sub> = 0V		1.5		mA	
		I <sub>SYS</sub> = I <sub>BAT</sub> = 0mA, V <sub>CEN</sub> = 5V		0.9			
DC Shutdown Current		V <sub>DC</sub> = 5V, V <sub>CEN</sub> = 5V, V <sub>PEN1</sub> = V <sub>PEN2</sub> = 0V (USB suspend mode)			110	180	μA
DC-to-SYS Dropout On-Resistance	R <sub>DC_SYS</sub>	V <sub>DC</sub> = 5V, I <sub>SYS</sub> = 400mA, V <sub>CEN</sub> = 5V			0.1	0.2	Ω
DC-to-BAT Dropout Threshold	V <sub>DR_DC_BAT</sub>	When V <sub>SYS</sub> regulation and charging stops, V <sub>DC</sub> falling, 150mV hysteresis		20	50	85	mV
VL Voltage	V <sub>VL</sub>	I <sub>VL</sub> = 0 to 10mA		3.1	3.3	3.5	V
SYS Regulation Voltage	V <sub>SYS_REG</sub>	V <sub>DC</sub> = 5.8V, I <sub>SYS</sub> = 1mA, V <sub>CEN</sub> = 5V		5.2	5.3	5.4	V
DC Input Current Limit	I <sub>DC_LIM</sub>	V <sub>DC</sub> = 5V, V <sub>SYS</sub> = 4.0V	V <sub>PEN1</sub> = 5V, V <sub>PEN2</sub> = 5V, R <sub>PSET</sub> = 1.5kΩ	1800	2000	2200	mA
			V <sub>PEN1</sub> = 5V, V <sub>PEN2</sub> = 5V, R <sub>PSET</sub> = 3kΩ	900	1000	1100	
			V <sub>PEN1</sub> = 5V, V <sub>PEN2</sub> = 5V, R <sub>PSET</sub> = 6kΩ	450	500	550	
			V <sub>PEN1</sub> = 0V, V <sub>PEN2</sub> = 5V (500mA USB mode)	450	475	500	
			V <sub>PEN1</sub> = V <sub>PEN2</sub> = 0V (100mA USB mode)	80	90	100	
PSET Resistance Range	R <sub>PSET</sub>	Guaranteed by SYS current limit		1.5		6.0	kΩ
Input Limiter Soft-Start Time	T <sub>SS_DC_SYS</sub>	Current-limit ramp time			1.5		ms

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Output Regulator)

( $V_{SYS\_} = V_{PV\_} = V_{IN45} = V_{IN67} = 4.0V$ ,  $V_{BRT} = 1.25V$ , circuit of Figure 1,  $T_A = -40^\circ C$  to  $+85^\circ C$ , unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
SYSTEM							
SYS Operating Range	V <sub>SYS</sub>			2.6		5.5	V
SYS Undervoltage Threshold	V <sub>UVLO_SYS</sub>	V <sub>SYS</sub> rising, 100mV hysteresis		2.4	2.5	2.6	V
SYS Bias Current Additional Regulator Supply Current		Extra supply current when at least one output is on		35		70	μA
		Not including SYS bias current	OUT1 on, V <sub>PWM</sub> = 0V	16		35	
			OUT2 on, V <sub>PWM</sub> = 0V	16		35	
			OUT3 on	1		2	mA
			OUT4 on (current into IN45)	20		30	
			OUT5 on (current into IN45)	16		25	
		OUT6 on (current into IN67)	17		27	μA	
OUT7 on (current in IN67)	16		25				
Internal Oscillator Frequency		PWM frequency of OUT1, OUT2, and OUT3		0.9	1.0	1.1	MHz
BUCK REGULATOR 1							
Supply Current		I <sub>SYS</sub> + I <sub>PV1</sub> , no load, not including SYS bias current	V <sub>PWM</sub> = 0V	16		35	μA
			V <sub>PWM</sub> = 5V	2.9			mA
Output Voltage Range	V <sub>OUT1</sub>	Guaranteed by FB accuracy		0.98		3.30	V
Maximum Output Current	I <sub>OUT1</sub>			1200			mA



PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
FB Regulation Accuracy		From $V_{FB1} = 0.98V$ , $I_{OUT1} = 0$ to $1200mA$ , $V_{OUT1} = 0.98V$ to $3.3V$	-3		+3	%
FB1 Input Leakage Current				0.01	0.10	$\mu A$
pMOS On-Resistance	$I_{LX1} = 100mA$	$V_{PV1} = 3.3V$		0.12	0.24	$\Omega$
		$V_{PV1} = 2.6V$		0.15		
nMOS On-Resistance	$I_{LX1} = 100mA$	$V_{PV1} = 3.3V$		0.2	0.4	$\Omega$
		$V_{PV1} = 2.6V$		0.3		
pMOS Current Limit			1.4	1.8	2.2	A
Skip Mode Transition Current				90		mA
nMOS Zero-Cross Current				25		mA
LX Leakage	$V_{EN1} = 0V$ , $V_{SYS} = 5.5V$ , $T_A = +25^\circ C$	$V_{LX1} = V_{PV1} = 5.5V$		0.01	1.00	$\mu A$
		$V_{LX1} = 0V$ , $V_{PV1} = 5.5V$	-5.00	-0.01		
Soft-Start Time				400		$\mu s$

*Figura 161 : Especificaciones técnicas del dispositivo MAX 8662 de Maxim Integrated.*

Para concluir el capítulo se añadirá las principales peculiaridades de la batería utilizada en el proyecto, es una batería de Litio de una sola célula Li+. Para poder acceder a todas las características del dispositivo se debe acudir a :  
[ <http://www.enix-energies.fr/batterie-li-ion-1s1p-18650-pcm-un38-3-3-7v-2-6ah-mgl9015.html> ]. Accedido : 25 Marzo de 2017.

#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS / CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

TECHNOLOGIE	TECHNOLOGY	Li-ion
TYPE	TYPE	
DESIGNATION	DESIGNATION	1S1P
TENSION NOMINALE*	NOMINAL VOLTAGE*	3.7 V
CAPACITE NOMINALE*	NOMINAL CAPACITY*	2.6 Ah
TENSION MINI EN DECHARGE	MINI DISCHARGE VOLTAGE	3.0 V
COURANT DE DECHARGE MAXI	MAX CONTINUOUS DISCHARGE CURRENT	2.5 A
TENSION DE CHARGE	CHARGING VOLTAGE	4.2 V
COURANT DE CHARGE MAXI	MAX CONTINUOUS CHARGE CURRENT	2.5 A
TEMPERATURE D'USAGE	CHARGE	0 to 45°C
AMBIENT TEMPERATURE	DECHARGE	-10 to 60°C
TEMPERATURE DE STOCKAGE	STORAGE TEMPERATURE	-20 to 25°C
		(Humidity: 60 ± 20%)
ELECTRONIQUE DE CONTROLE	ELECTRONIC MANAGEMENT	
PROTECTION ELECTRIQUE**	PROTECTION DEVICES**	Safety PCM
COUPURE TENSION HAUTE	OVER CHARGE PROTECTION	4.325 V (+/-0.025) /Cell
COUPURE TENSION BASSE	CUT OFF VOLTAGE	2.5 V (+/-0.05) /Cell
COURANT MAX DE COUPURE	OVER CURRENT PROTECTION	6.5 A
DUREE DE VIE	CYCLE LIFE AT 70% DOD (0,5C)	300 à 500
RESISTANCE INTERNE	INTERNAL IMPEDANCE (AT 1000HZ)	150 mΩ
DUREE MAX DE STOCKAGE (AVEC CHARGE D'ENTRETIEN)	SHELF LIFE (WITH TRICKLE CHARGE)	
FREQUENCE DE CHARGE EN STOCKAGE (20°C)	CHARGE FREQUENCY DURING STORAGE (20°C)	3 mois / 3 months



*Figura 162: Especificaciones técnicas de la batería del fabricante Enix Energies.*

A nivel informático se han tenido que utilizar también lo siguiente :

**1. Ordenador MacBook Pro**

1.1 Sistema Operativo ; macOS Sierra.

1.2 Procesador 2.5 Ghz intel core i5.

1.3 Memoria RAM 4GB 1600 Mhz DDR3.

1.4 Gráficos Intel HD Graphics 4000 1536 MB.

**2. Software Kicad Versión 4.0.4. Plataforma Mac Os X.**

**3. Apache OpenOffice 4.**

**4. Software Matlab 2016 b Simulink.**

## **Parte VII**

### **Presupuesto**



## Presupuesto

El presupuesto del TFG se basa en la cuantía de los materiales utilizados, añadiendo también las horas de diseño y el proceso de fabricación del sistema. En la tabla siguiente se realiza un desglose de todo el material y el coste correspondiente.

<i><b>Presupuesto de Ejecución por Materiales de Oficina ( PEMDO )</b></i>				
<i><b>Concepto</b></i>		<i><b>Cantidad</b></i>	<i><b>Precio Unitario</b></i>	<i><b>Coste Total</b></i>
<i><b>Material</b></i>		<i><b>Cantidad</b></i>	<i><b>Precio Unitario</b></i>	<i><b>Coste Total</b></i>
Ordenador		1	800,00 €	800,00 €
Material Oficina		1	20,00 €	20,00 €
<i><b>Material Software</b></i>		<i><b>Cantidad</b></i>	<i><b>Precio Unitario</b></i>	<i><b>Coste Total</b></i>
Mac Os Sierra		1	Free	Free
OpenOffice		1	Free	Free
Kicad ( Software Libre )		1	Free	Free
Matlab 2016 b ( Student Version Free )		1	Free	Free
<i><b>Subtotal</b></i>				<i><b>820,00 €</b></i>

*Tabla 18 : Presupuesto de ejecución por material.*

Para el desarrollo del TFG se ha contratado a un ingeniero para el desarrollo del sistema. A continuación se muestra el desarrollo del presupuesto por honorarios. Sólo será necesario un ingeniero industrial especializado en electrónica industrial.

<i><b>Honorarios</b></i>				
<i><b>Concepto</b></i>	<i><b>Nº Personal</b></i>	<i><b>Tiempo ( horas)</b></i>	<i><b>Precio unitario (€/ hora )</b></i>	<i><b>Coste Total</b></i>
Ingeniería	1	200	50,00 €	10.000,00 €
Mecanografiado	1	40	12,00 €	480,00 €
<i><b>Subtotal</b></i>				<i><b>10.480,00 €</b></i>

*Tabla 19 : Honorarios del empleado ingeniero.*

Se detalla en la Tabla 20 el material necesario para formar el sistema completo del TFG.

<b><i>Presupuesto por Materiales del Sistema Completo ( PMSC)</i></b>				
<b><i>Concepto</i></b>		<b><i>Cantidad</i></b>	<b><i>Precio Unitario</i></b>	<b><i>Coste Total</i></b>
<b>Placa PCB</b>		<b>1</b>	<b>100,00 €</b>	<b>100,00 €</b>
<b>Componentes Electrónicos</b>		<b>83</b>	<b>1.20 €</b>	<b>100,00 €</b>
<b>Placa Fotovoltaica</b>		<b>1</b>	<b>25,00 €</b>	<b>25,00€</b>
<b>Mini Aerogenerador</b>		<b>1</b>	<b>50,00 €</b>	<b>50,00 €</b>
<b>Cable Mini USB Tipo B</b>		<b>3</b>	<b>3,00€</b>	<b>9,00 €</b>
<b>Dispositivo MAX 8662</b>		<b>1</b>	<b>100,00 €</b>	<b>100,00€</b>
<b>Cable</b>		<b>1</b>	<b>2,00 €</b>	<b>2,00 €</b>
<b>Resistencias</b>		<b>6</b>	<b>1.60 €</b>	<b>10,00 €</b>
<b>Batería Litio Ion +</b>		<b>1</b>	<b>35,00 €</b>	<b>35,00 €</b>
<b><i>Subtotal</i></b>				<b><i>431,00 €</i></b>

***Tabla 20 : Presupuesto por materiales del sistema completo.***

Por último se detalla el presupuesto total del TFG, incluyendo aquí honorarios, materiales, encuadernación, etc.

<b><i>Presupuesto Total</i></b>		
<b><i>Concepto</i></b>		<b><i>Coste Total</i></b>
<b>PEMDO</b>		<b>820,00 €</b>
<b>Honorarios</b>		<b>10.480,00 €</b>
<b>PMSC</b>		<b>431,00 €</b>
<b>Gastos de Impresión</b>		<b>30,00 €</b>
<b>Encuadernación</b>		<b>90,00 €</b>
<b><i>Subtotal</i></b>		<b><i>11.851,00 €</i></b>
<b><i>IVA ( 21 % )</i></b>		<b><i>24887,51 €</i></b>
<b><i>Total</i></b>		<b><i>14.339,51 €</i></b>

***Tabla 21 : Presupuesto total TFG.***

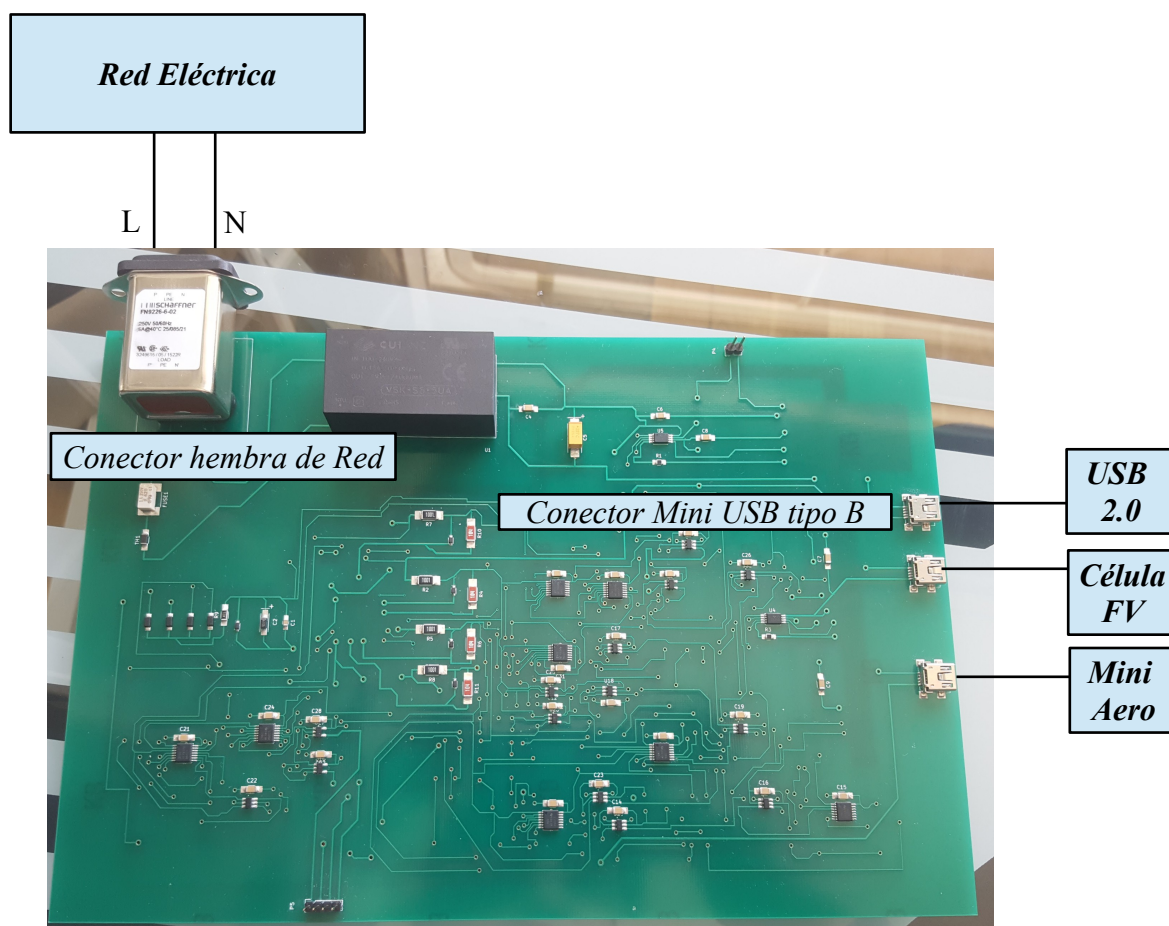
## **Parte VIII**

### **Manual de Usuario**

## Manual de Usuario

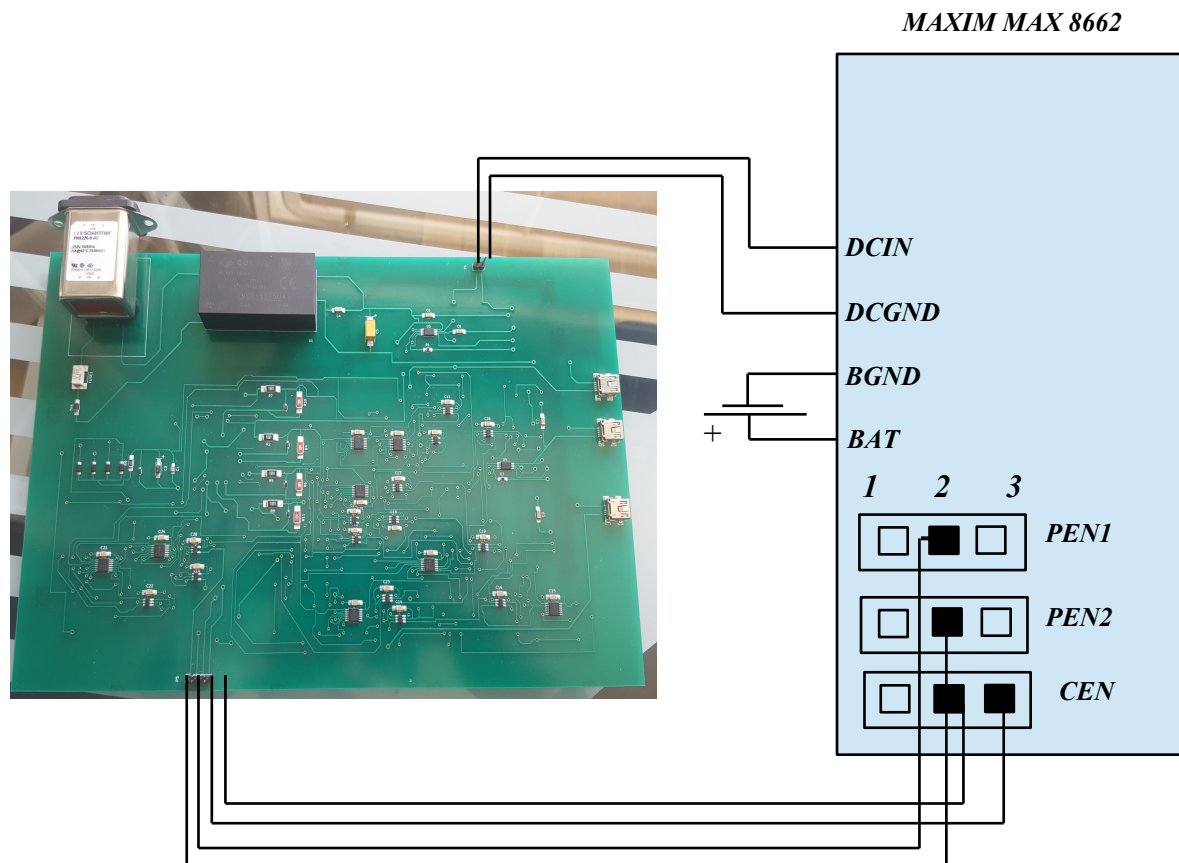
En este apartado se analizará el manual de usuario necesario para la utilización del sistema, en la primera parte se hablará de la forma de proceder para la instalación del sistema, en un segundo punto se detallará el mantenimiento necesario de todos aquellos equipos o programas que vayan a utilizarse posteriormente.

Así mismo se detallará un esquema para que el usuario pueda conectar de manera sencilla e intuitiva los principales dispositivos del sistema. El usuario debe saber que existen dos bloques principales que integra el sistema, el primer bloque es una placa PCB de potencia y el segundo bloque está formado por una placa PCB de gestión de la energía. Como usuario debo conocer que el sistema tiene cuatro fuentes posibles de energía, y que dependiendo de qué fuente tenga disponible, utilizaré una u otra fuente. Debe conocer también que el dispositivo de gestión de energía tiene siete posibles salidas para alimentar posibles cargas, estas salidas tienen distintos valores de tensión y de corriente. Para poder conectar todo el sistema el usuario se debe leer toda la parte de " Manual de usuario " para poder utilizarlo. Es de suma importancia conocer el conexionado básico de proceder del dispositivo de gestión de energía MAX 8662 de Maxim Integrated. Primero se detallarán en la Figura 163 las conexiones que se pueden realizar para el bloque de potencia :



**Figura 163 : Manual de conexionado del primer bloque de potencia.**

Al mismo tiempo que se ha conectado la fuente /s de energía seleccionada /s, se debe conectar el conector superior, que indica la salida de corriente del sistema, suministro de energía, a la entrada del segundo bloque gestor de energía MAX 8662 de la forma indicada en la Figura . Seguido se debe conectar también el conector inferior del primer bloque de cuatro pines, al conector del segundo bloque de energía MAX 8662, estos pines son PEN2, PEN1 y CEN, indican la fuente de energía que espera encontrar a su entrada el segundo bloque. La conexión se realizará de la siguiente forma marcada en la Figura 164 :



**Figura 164 : Manual básico de conexonado de los dos bloques I.**

Las conexiones del conector inferior se realizan de la siguiente forma, empezando de izquierda a derecha.

- El primer terminal se conecta con el terminal 2 del conector PEN2.
- El siguiente terminal se conecta con el terminal 2 del conector PEN1.
- El tercer terminal se conecta con el terminal 3 del conector CEN.
- Y el último terminal se conecta con el terminal 2 del conector CEN.

Antes de mostrar la última Figura donde se enseña la conexión completa del sistema, es prioritario mostrar el manual de iniciación para la utilización del gestor de energía MAX 8662. Es aquí donde se configura el dispositivo en función de las necesidades que tenga el usuario:

1. Habilitar las salidas OUT1 -- OUT7 colocando una derivación a través de los pines 1-- 2 de EN1 -- EN7 .  
( Mirar Tabla 22 )

**Table 1. Jumper Functions**

JUMPER	POSITION		
	1-2	2-3	OPEN
EN1	Enable OUT1*	Disable OUT1	Drive EN1 with an external source
EN2	Enable OUT2*	Disable OUT2	Drive EN2 with an external source
EN3	Enable OUT3*	Disable OUT3	Drive EN3 with an external source
EN4	Enable OUT4*	Disable OUT4	Drive EN4 with an external source
EN5	Enable OUT5*	Disable OUT5	Drive EN5 with an external source
EN6	Enable OUT6*	Disable OUT6	Drive EN6 with an external source
EN7	Enable OUT7*	Disable OUT7	Drive EN7 with an external source

\*Default position.

**Tabla 22 : Selección para habilitar las salidas del dispositivo MAX 8662.**

2. Ajustar las tensiones de las salidas OUT 4 -- OUT7 ajustando SL1 y SL2, como se muestra en la Tabla 23 .  
Tengo en cuenta que los ajustes de los puentes SL1 y SL2 son de sólo lectura en encendido, cambios en estos puentes después del encendido son ignorados.

**Table 3. SL1 and SL2 Output-Voltage Selection**

SL1	SL2	OUT4 (V)	OUT5 (V)	OUT6 (V)	OUT7 (V)
Open	Open	3.3	3.3	3.3	3.3
2-3	Open	3.3	2.85	1.85	1.85
1-2	Open	2.85	2.85	1.85	1.85
Open	2-3	3.3	2.85	2.85	1.85
2-3	2-3	2.5	3.3	1.5	1.5
1-2	2-3	2.5	3.3	1.5	1.3
Open	1-2	1.2	1.8	1.1	1.3
2-3	1-2	3.3	2.85	1.5	1.5
1-2	1-2	1.8	2.5	3.3	2.85

**Tabla 23 : Selección del voltaje de las salidas desde OUT4 hasta OUT5 con los conectores SL1 y SL2.**

3. Coloque la derivación de modulación de ancho de pulso ( PWM ) a través de los pines 2 -- 3 para permitir que OUT1 y OUT2 entren en " Skip mode ".
4. Verifique que los conectores JU1 y JU2 están instalados para fijar la corriente de los LEDs en 20 mA.

En el caso particular del proyecto se desconectará el conector JU2 y se conectará al terminal BRT un divisor resistivo con una tensión en bornes de la tensión que tenga la batería. Es decir en función de la tensión de la batería, el array de LED's se iluminará más o menos, a mayor tensión, mayor corriente, y mayor será el brillo de los LED's . Es una forma de mostrar al usuario el nivel de carga que tiene la batería. Si no se desea esta opción, se conecta el conector JU2 y el JU1, y se fija una corriente de 30 mA, por lo tanto los LED's lucirán con un brillo fijo independientemente de la carga que tenga la batería.

5. Coloque los conectores PEN1 y PEN2 a través de los pines 2 -- 3 y 1 -- 2 para establecer un límite de corriente de entrada USB de 500 mA.
6. Coloque la derivación CEN a través de los pines 2 -- 3 para el cargador de batería.
7. Compruebe que la derivación JU5 está instalada y la derivación JU6 no está instalada para ajustar el límite de corriente de carga a un amperio.
8. Verifique que al menos unos de los conectores JU9, JU10 y JU11 se instalan para tener límites de temporizador de fallas para un correcto funcionamiento.
9. Preseleccione la fuente de alimentación a 5 voltios. Apague la fuente de alimentación. **Precaución ; No encienda la fuente de alimentación hasta completar todas las conexiones.**
10. Haga las conexiones para el Kit de Evaluación MAX 8662 como se muestra en la Figura , pero no conecte la batería hasta el punto 18.

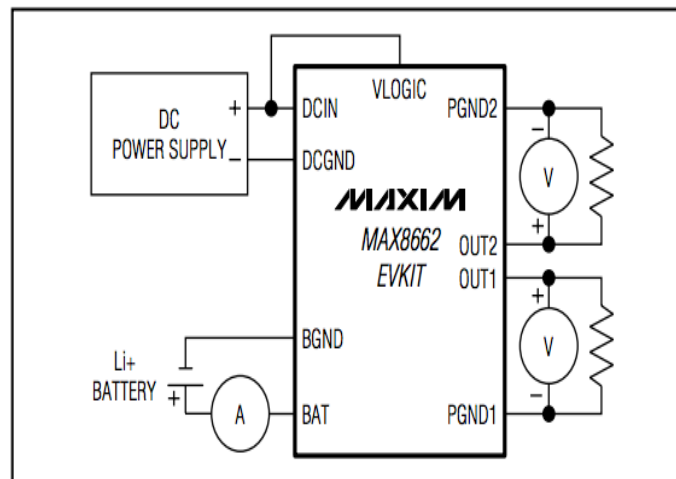


Figure 1. Test Procedure Setup

**Figura 165 : Conexión Kit Evaluación MAX 8662.**

11. Encienda la fuente de alimentación.
12. Compruebe que el LED POK ( D9 ) se enciende para indicar Power OK.
13. Verifique que el voltaje de las salidas OUT1 y PGND1 es de 3.3 voltios.
14. Verifique que el voltaje a través de las salidas OUT2 y PGND2 es de 1.3 voltios.
15. Verifique que los WLEDs ( D2 -- D8 ) están encendidos.
16. Compruebe que OUT4 -- OU7 estén a las tensiones establecidas por los puentes SL1 y SL2. ( Tabla )
17. Compruebe que el voltaje en la patilla BAT es de 4.2 voltios.
18. Observe la polaridad de la celda Li +. Conecte una batería Li + de una sola célula a través de los conectores BAT y BGND.

- Una vez conocido esto, se mostrará una última Figura 166 donde se muestra todas las conexiones completas del sistema.





## **Parte IX**

### **Bibliografía**

[ 1 ] "Sistema de Alimentación Ininterrumpida", Wikipedia 2017. Disponible en : [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_alimentaci%C3%B3n\\_ininterrumpida](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_alimentaci%C3%B3n_ininterrumpida) [ Accedido 20 Abril 2017 ]

[ 2 ] " Cosechamiento de energía ", Wikipedia 2017. Disponible en : [https://es.wikipedia.org/wiki/Cosechamiento\\_de\\_energ%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/Cosechamiento_de_energ%C3%ADa) [ Accedido 20 Abril 2017 ]

[ 3 ] " Placa de Circuito Impreso " . Wikipedia 2017. Disponible en : [https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito\\_impreso](https://es.wikipedia.org/wiki/Circuito_impreso) [ Accedido 20 Abril 2017 ]

[ 4 ] HF Performance EMC / EMI Filter. Schaffner Inc. North Carolina, USA [ En línea ]. Disponible en ; <http://www.schaffner.com/product-storage/datasheets/fn-9226/> [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 5 ] VSK - S5 Datasheet - AC -DC Power Supply , Cui Inc. Orlando, USA [ En línea ] . Disponible en ; <http://www.cui.com/product/resource/vsk-s5.pdf> [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 6 ] Conector mini USB TE Connectivity Angulo 90 °, Montaje Superficial, versión 2.0 Tipo B Hembra. TE Connectivity. Rs Components.[ Online ] . Disponible en ; [http://es.rs-online.com/web/p/products/7187233/?grossPrice=Y&cm\\_mmc=ES-PLA-\\_-google-\\_-PLA\\_ES\\_ES\\_Conectores-\\_-Conectores\\_Para\\_Ordenadores\\_And\\_D-Sub\\_Y\\_Usb&mkwid=s6e1anrB5\\_dc|pcrid|88860997641|pkw||pmt||prd|7187233](http://es.rs-online.com/web/p/products/7187233/?grossPrice=Y&cm_mmc=ES-PLA-_-google-_-PLA_ES_ES_Conectores-_-Conectores_Para_Ordenadores_And_D-Sub_Y_Usb&mkwid=s6e1anrB5_dc|pcrid|88860997641|pkw||pmt||prd|7187233) [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 7 ] Panel solar placa cargador batería 5v 800 miliamperios 4 w para móvil. Each Buyer. Germany [ Online ]. Disponible en ; <http://es.eachbuyer.com/5v-800ma-4w-mini-solar-panel-diy-with-usb-output-for-cell-charger-home-lighting-p352551.html> [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 8 ] Aerogenerador educacional C - 0200. Cebekit. Barcelona, España [ Online ]. Disponible en ; <http://www.electronicaembajadores.com/Datos/pdf1/kc/kc61/kc61200.pdf> [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 9 ] Autoswitching power multiplexer. Texas Instruments. Texas, USA [ Online ]. Disponible en ; <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps2111a.pdf> [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 10 ] Power management IC's for single cell, Li + Battery - Operated Devices. Maxim Integrated . San José, California, USA [ Online ]. Disponible en ; <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX8662-MAX8663.pdf> [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 11 ] Resistors SMD. Vishay. Shelton , CT, USA [ Online ]. Disponible en ; <http://www.vishay.com/company/contacts/> [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 12 ] Voltage Regulator Diodes. NXP - BZX 384 Series. NXP. The netherlands [ Online ] . Disponible en ; <http://www.nexperia.com/products/automotive-qualified-products-q100-q101/automotive-diodes/general-purpose-zener-diodes/BZX84-A2V4.html> [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 13 ] Surface Mount Schottky Barrier Rectifier SS1FH10. Vishay. Shelton, CT USA [ Online ]. Disponible en ; <http://www.vishay.com/docs/87613/ss1fh10.pdf> [ Accedido : 20 Abril 2017 ]

[ 14 ] Products for little logic. Texas Instruments. Texas, USA [ Online ]. Disponible en ;  
<http://www.ti.com/lscs/ti/logic/little-logic-products.page#p1512=LVC> [ Accedido : 20 Abril - 2017 ]

[ 15 ] Condensador de desacoplo X5R Dielectric. AVX. SC, USA [ Online ]. Disponible en ;  
<http://datasheets.avx.com/cx5r.pdf> [ Accedido : 20 Abril 2017 ]

[ 16 ] MAX 8662 Evaluation Kit . Maxim Integrated. San Jose, California, USA [ Online ]. Disponible en ;  
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX8662EVKIT.pdf> [ Accedido : 20 Abril 2017 ]

[ 17 ] " Familias Lógicas Digitales ".Slide Share 2017. Disponible en :  
<https://es.slideshare.net/gregoriocrescenzi/familias-lgicas-digitales> [ Accedido : 20 Abril 2017 ]